



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## VÝVOJ VOZŮ FORMULE 1

DEVELOPMENT OF FORMULA 1 CARS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LUKÁŠ ŠOPÍK

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. VÁCLAV PÍŠTĚK, DrSc.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Lukáš Šopík

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Vývoj vozů Formule 1**

v anglickém jazyce:

### **Development of Formula 1 cars**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Shromáždit poznatky o vývoji a parametrech vozů Formule 1 v období let 1950 - 1970.

Cíle bakalářské práce:

Pro dané časové období soustředit a kriticky zhodnotit poznatky o vývoji a parametrech vozů Formule 1.

Seznam odborné literatury:

Basshuysen, R.: Handbuch Verbrennungsmotor. ISBN 978-3-8348-0227-9

Heissing, B.: Fahrwerkhandbuch. ISBN 978-3-8348-0105-0

Reif, K.: Automobilelektronik. Eine Einfuehrung fuer Ingenieure. ISBN 978-3-8348-0297-2

Firemní literatura.

Internet.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 29.10.2011

L.S.

---

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem vozů formule 1 od počátku Mistrovství světa formule 1 a popisuje prvních 20 let tohoto vývoje. Toto období je charakterizováno jako přechod předválečných vozů s motory vpředu na vozy s motory za jezdcem, které jsou charakteristické pro současnou formuli 1. Jsou zde popsány hlavní konstrukční prvky a podskupiny, které se zlepšovaly za použití nových materiálů a technologií.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Formule 1, FIA, pohonná jednotka, podvozek, aerodynamika, pneumatiky, bezpečnost

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with development of Formula One cars from the beginning of the Formula One World Driver's Championship and describes the first twenty years of this development. This period is characteristic as the replacement of the pre-war cars with engine in front for the cars with engine behind the driver, which is typical for nowadays Formula One. There are description of main construction components and their subgroups, which had been improved by using new materials and technologies.

## **KEYWORDS**

Formula 1, FIA, power unit, chassis, aerodynamics, tires, safety



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠOPÍK, L. *Vývoj vozů formule 1*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 56 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. VÁCLAV PÍŠTĚK, DrSc.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením prof. Ing. VÁCLAV PÍŠTĚK, DrSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 9. května 2012

.....

Lukáš Šopík



## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Václavu Píštěkovi, DrSc. za jeho cenné a vítané rady při vedení mé bakalářské práce. Rád bych také poděkoval mojí rodině a přátelům, kteří mě po dobu mých studií podporovali.



## OBSAH

Úvod .....	10
1 Počátky Mistrovství světa formule 1 v letech 1950–1951 .....	11
1.1 Technické předpisy .....	11
1.2 Podvozek .....	11
1.2.1 Odpružení .....	12
1.2.2 Brzdy .....	13
1.3 Pohonná jednotka .....	13
1.3.1 Rozdělení spalovacích motorů .....	13
1.3.2 Pracovní oběh čtyřdobého motoru .....	15
1.3.3 Kompresory .....	17
1.3.4 Střední pístová rychlost ....	19
1.3.5 Zdvihový poměr .....	20
1.3.6 Ventilové rozvody .....	21
1.3.7 Ložiska .....	22
1.3.8 Spojka .....	23
1.4 Aerodynamika .....	23
1.5 Pneumatiky .....	24
1.6 Bezpečnost .....	24
1.7 Charakteristiky významných vozů .....	24
2 Vozy formule 2 1952–1953 .....	25
2.1 Technické předpisy .....	25
2.2 Podvozek .....	25
2.2.1 Přední a zadní náprava .....	25
2.2.2 Náprava de Dion .....	26
2.3 Pohonná jednotka .....	26
2.4 Aerodynamika .....	27
2.5 Pneumatiky.....	27
2.6 Bezpečnost.....	27
2.7 Charakteristiky významných vozů .....	28
3 Návrat k běžné technice 1954–1960.....	29
3.1 Technické předpisy .....	29
3.2 Podvozek .....	29
3.2.1 Bubnové brzdy .....	30
3.2.2 Kotoučové brzdy .....	30
3.3 Pohonná jednotka .....	31





3.4	Aerodynamika .....	31
3.5	Pneumatiky.....	31
3.6	Bezpečnost .....	31
3.7	Charakteristiky významných vozů .....	32
4	Doutníkové období 1961–1965 .....	33
4.1	Technické předpisy .....	33
4.2	Podvozek .....	33
4.3	Pohonná jednotka .....	35
4.4	Aerodynamika .....	35
4.5	Pneumatiky.....	35
4.6	Bezpečnost .....	36
4.7	Charakteristiky významných vozů .....	36
5	Počátek přítlačných křídel 1966–1969 .....	37
5.1	Technické předpisy .....	37
5.2	Podvozek .....	37
5.3	Pohonná jednotka .....	37
5.3.1	Pohon všech kol .....	39
5.3.2	Turbínová pohon .....	40
5.4	Aerodynamika .....	42
5.5	Pneumatiky.....	42
5.6	Bezpečnost .....	42
5.7	Charakteristiky významných vozů .....	43
	Závěr .....	44
	Použité informační zdroje .....	45
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	48
	Seznam příloh .....	49



## ÚVOD



Obr. 1 Logo Formule 1 [1]

Formule 1 (zkráceně F1) je nejvyšší automobilovou soutěží na světě. Pro svoje výsadní postavení v oblasti motorsportu a technologického vývoje je právoplatně nazývána jako Královna motorsportu. Její historie je datována na počátek 19. století, kdy se pořádaly automobilové závody známé jako Grand Prix. S příchodem prvních technických pravidel ve dvacátých letech 19. století se závody Grand Prix přejmenovaly na Formule Grand Prix. Po válce se název opět změnil na Formule A. [2]

Formule 1 byla založena Mezinárodní automobilovou federací (FIA, francouzsky *Fédération Internationale de l'Automobile*) v roce 1950. FIA byla založena roku 1904 jako AIACR (Association Internationale des Automobile Clubs Reconnus), která reprezentovala zájmy motoristických organizací. Sídlo FIA je v Paříži a jejím hlavní činností je pořádání a řízení celé řady motoristických sportů včetně závodů formule 1. Také vydává různá pravidla, předpisy a technické regule vztahující se k jednotlivým soutěžím. Mezi její kompetence patří dohlížení na dodržování všech jejích předpisů, které vydá. [2, 3]

Motorsport je fascinující odvětví, kde působí jen ti nejlepší konstruktéři, jenž se snaží rok co rok postavit nejrychlejší a zároveň nejspolehlivější vůz. Tato honba za vítězstvím a úspěchem je lemována dlouhou a těžkou prací strávenou ve vývoji a testováním nových komponentů a celého vozu. S přibývajícimi roky ve formuli 1 docházelo k vývoji i v ostatních oblastech průmyslu, které se pozitivně podepsaly na vzhledu a vývoji vozů formule 1. S příchodem pevnějších a lehčích materiálů bylo možné postavit lehčí a výkonnější vozy, a za použití výpočetní techniky se vzhled a technologie formule 1 přibližovala k moderní podobě, jak ji známe dnes.

Aby bylo možné uspořádat závody vozů formule 1, je potřeba na závodní okruh dovézt velké množství vybavy. Zatímco v roce 1950 stačilo týmům asi 2,5 tuny vybavy, v roce 1970 to už bylo 6 tun. Dnešní množství materiálu se odhaduje na přibližně 100 tun. Závody samotné nejsou jenom událostí jednoho dne, ale jedná se o vícedenní záležitost. Při každé velké ceně jsou na programu tréninky, kvalifikace a samotný závod. Při tréninku mají týmy možnost nastavit vůz tak, aby co nejlépe vyhovoval charakteru tratě. V kvalifikaci se jezdci snaží zajet co nejrychlejší kolo, aby si zajistili co nejlepší místo na startovním roštu. Vrcholem celého závodního víkendu je hlavní závod, kde jezdci soupeří o vítězství v dané Velké ceně. [2, 4]



# 1 POČÁTKY MISTROVSTVÍ SVĚTA FORMULE 1 V LETECH 1950–1951

Jako první závod mistrovství světa se jel 13. května roku 1950 na závodním okruhu bývalého vojenského letiště v Silverstone. Myšlenku uspořádání Mistrovství světa vozů formule 1 pronesl roku 1946 italský delegát a bývalý závodník Antonio Brivio Sforza. Jezdci byli podle pořadí v cíli hodnoceni bodovým systémem a jezdec s nejvíce body se stal Mistrem světa formule 1. Ten je vyhlašován Mezinárodní automobilovou federací po skončení sezóny. V cíli se hodnotilo prvních pět nejrychlejších jezdců a to počtem bodů 8, 6, 4, 3, 2. Jezdci, který zajel nejrychlejší kolo závodu, byl připsán 1 bod. Tradičním stylem jízdy v zatáčkách prvních let mistrovství světa byla jízda kontrolovaným smykem, tzv. power-slide. [2, 4]

V tomto období dominovaly startovnímu poli značky Alfa Romeo. V roce 1950 zvítězil Giuseppe Farina, o rok později Juan Manuel Fangio. Milánská značka těžila úspěchy hlavně z předválečného typu Alfetta 158. Model byl však už patnáct let starý a na konci svých technických možností. Proto po dvou letech dominování a na vrcholu slávy Alfa Romeo opustila Mistrovství světa formule 1 z důvodu nákladného vývoje dalšího vozu. [4]

Dlouhých osmnáct let, až do roku 1968 týmy závodily v oficiálních barvách národů, reklamy byly na vozech malé, a to pouze od dodavatelů pneumatik, paliva a oleje. Mezi nejznámější bylo stříbrné zbarvení Německa, modrá Francie, zelená Velká Británie, červená Itálie a bílá s modrými pruhy Spojené státy americké. [5]

## 1.1 TECHNICKÉ PŘEDPISY

Pro první dva roky Mistrovství světa vozů formule 1 platily předpisy z roku 1946. Bylo možné používat motor o objemu  $1\,500\text{ cm}^3$  s kompresorem, nebo  $4\,500\text{ cm}^3$  bez kompresoru. Závod byl vypsán na nejméně 300 km, nebo na 3 hodiny. Tento nově zavedený poměr motorů 1 : 3 znevýhodňoval přeplňované motory a měl vrátit závodní techniku na úroveň produkčních vozů. Vývoj přeplňovaných motorů byl velmi nákladný, proto byly tyto vozy dostupné pouze pro bohatší jezdce. Z tohoto důvodu vypsala v roce 1947 FIA současně s formulí 1 také formulí 2 a formulí 3. Tyto nově vzniklé kategorie měly přilákat nové a mladé jezdce, kteří měli zájem o vrcholné závodění ve slabších, ale cenově dostupnějších vozech, neboť formule 2 a 3 používala díly sériových automobilů. [4]

Pro formulí 2 byly vozy vybaveny přeplňovanými motory o objemu  $500\text{ cm}^3$ , nebo motory bez kompresoru s objemem  $2000\text{ cm}^3$ . Délka závodu byla vypsána na nejméně 200 km. Vozy byly bez hmotnostního omezení. [4]

Nejslabší formule 3 měla motory s objemem nejvýše  $500\text{ cm}^3$  bez kompresoru a s minimální hmotností 200 kg. Délka závodu byla nejméně 50 km. Tento předpis zůstal stejný i pro následující roky až do roku 1960. [4]

## 1.2 PODVOZEK

Koncepce vozů vycházela z poválečného období, kdy se používal trubkový rám s motorem uloženým vpředu před jezdce a s převody a diferenciálem vzadu. Použití diferenciálu je



u poháněné nápravy nezbytné. Problémem zadní poháněné nápravy je různá obvodová rychlost kol. Kolo, které je vně zatáčky, musí urazit větší vzdálenost, a proto musí mít i větší obvodovou rychlost. Tento problém se vyřešil použitím diferenciálu. Jeho funkcí je rozdělení točivého momentu na obě kola tak, aby při průjezdu zatáčkou měla kola rozdílné obvodové rychlosti. Kolo na vnitřní straně zatáčky diferenciál zpomaluje a kolo na vnější straně zatáčky zrychluje. Tyto poválečné vozy byly vysoké, což umožňovalo jezdcům lepší výhled z vozidla. Samotné trubkové rámy z oválných, nebo kruhových trubek byly vyztuženy trubky menších průřezů ke zvýšení tuhosti celé konstrukce. Karoserii samotnou tvořily hliníkové plechy. [4]

Většina týmů používala systém transaxle, který spojoval motor se spojkou v přední části vozu tuhou rourou s převodovkou umístěnou v zadní části vozu. Výjimkou byly vozy Ferrari, u kterých byl blok motoru spojen společně se spojkou a převodovkou umístěný v přední části vozu. Při tomto řešení musela být použita přídavná zátěž na zádi vozu neboli balast, aby měly vozy dostatečnou trakci. [4]

### 1.2.1 ODPRUŽENÍ

Odpružení vozu se od poválečných dob výrazně neměnilo, konstruktéři zůstali u osvědčených listových pružin, vinutých pružin a zkrutných tyčí. Vozy byly měkčí, což mělo za následek naklánění v zatáčkách. Atypické řešení zvolil britský BRM a to použití vzduchových pružin Lockheed z leteckého průmyslu (Obr. P10). Použití správného a dobře fungujícího odpružení je nezbytné pro chování všech vozidel. Jeho účelem je zmenšit namáhání rámu, zmírnit otřesy od nerovností vozovky a udržovat všechna kola v neustálém styku s vozovkou. [4, 6]

Celková hmotnost vozidla lze rozdělit na:

- Hmotu neodpruženou

Zpravidla kola, nápravy, zavěšení kol, pérování a tlumení.

- Hmotu odpruženou

Karoserie, rám, jezdec, pohonná jednotka, palivo, pérování a tlumení. [6]

Odpružené hmoty jsou od neodpružených hmot odděleny pružinami a tlumiči. Kvalita odpružení je dána jejich poměrem, čím je poměr větší, tím je pérování kvalitnější. [6]

#### Listové pružiny

Jedná se o spojení několika postupně se zmenšujících se ocelových plátů. Jeden konec je pevně přichycen k rámu, druhý pohyblivě, aby bylo docíleno pružení. Mezi výhody listových pružin jsou dobré samotlumící účinky. Hlavní nevýhodou je jejich velikost. [6]

#### Vinuté pružiny

Jedná se o nejběžnější odpružení přední nápravy, hlavní výhodou je malá hmotnost a velikost. [6]



### Zkrutné tyče

Princip je založen na zkrucování tyče většinou kruhového průřezu. Využití je hlavně na zadní nápravě. [6]

Nezbytnou součástí odpružení jsou tlumiče, které pohlcují mechanickou energii a přeměňují ji na energii tepelnou. Tlumiče tedy absorbují nárazy způsobené pohybem kol od vozovky a vlastní kmitání vozu. Nečastějším uspořádáním ve formuli 1 je souosé uspořádání tlumiče a vinuté pružiny na přední nápravě. Pro zadní nápravu bylo typické spojení tlumiče s vinutou pružinou a torzních tyčí nebo tuhé nápravy. Mezi nejpoužívanější tlumiče patřily kapalinové tlumiče Houdaille. [4, 6]

## **1.2.2 BRZDY**

Mezi brzdovým mechanismem dominovalo použití bubnových brzd, kde se konstrukční řešení ubírala směrem většího chlazení brzd, proto byly brzdy vystaveny většímu odporu vzduchu. Toto řešení pomáhalo lepšímu odvodu tepla, ale zvětšoval se aerodynamický odpor vozidla. Kotoučové brzdy se moc neprosazovaly, výjimkou byl BRM, který použil kotoučové brzdy z letadel (Obr. P10). [4]

## **1.3 POHONNÁ JEDNOTKA**

Srdcem každého automobilu je spalovací motor. Nijak tomu ani není u závodních aut, nebo formule 1. Spalovací motory jsou mechanické tepelné stroje, které přeměňují chemickou energii použitých paliv na energii mechanickou. Při tomto ději se uvolňuje teplo. Pro zjednodušení se tyto děje nahrazují termodynamickými ději, které dohromady tvoří pracovní cyklus spalovacího motoru.

### **1.3.1 ROZDĚLENÍ SPALOVACÍCH MOTORŮ**

#### *Podle typu*

#### a) Pístové spalovací motory

- přímočarý vratný pohyb pístu
- krouživý pohyb pístu (Wankel)

#### b) Reakční motory

- pulzační motory
- spalovací turbíny
- raketový motor [7]



Pro rané období formule 1 byly typické pístové spalovací motory s přímočarým vratným pohybem pístu. Jejich další rozdělení je uzpůsobeno použitím ve formuli 1.

#### ***Podle způsobu činnosti***

- Motory dvoudobé

Pracovní cyklus proběhne za jednu otáčku klikové hřídele, tj. za dva zdvihy pístu.

- Motory čtyřdobé

Pracovní cyklus proběhne za dvě otáčky klikové hřídele, tj. za čtyři zdvihy pístu.

#### ***Podle způsobu plnění válce***

- Atmosférické

Sání probíhá při pohybu pístu z horní úvrati do dolní úvrati.

- Přepřňované (s kompresorem)

Směs se nasává pod tlakem větším než atmosférickým.

#### ***Podle způsobu zapálení směsi***

- Zážehové

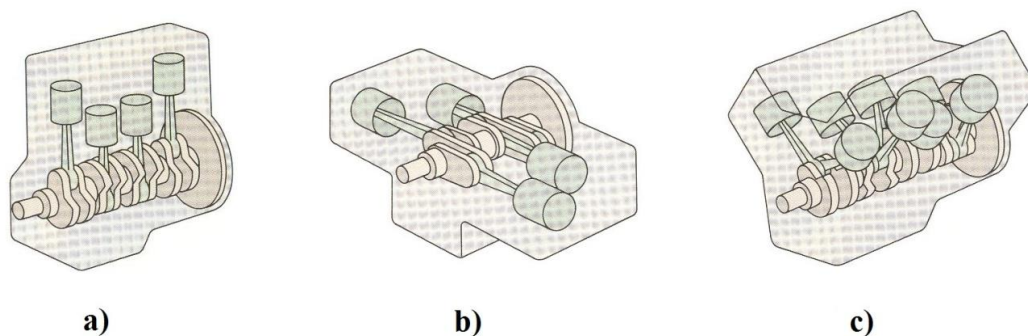
Zapálení směsi je docíleno elektrickou jiskrou.

- Vznětové

Vstříknutím paliva dochází k samovznícení směsi při kompresi vzduchu na velkou teplotu.

#### ***Podle uspořádání válců***

- a) Řadové (R) – válce jsou uspořádány do jedné řady
- b) Ploché (B) – válce jsou uspořádány v jedné rovině proti sobě
- c) Vidlicové (V) – válce jsou uspořádány do tvaru písmene V pod určitým úhlem



Obr. 1.1 Uspořádání válců [9, 10, 11]

#### **Podle konstrukce rozvodů motoru**

- Šoupátkový rozvod
- Ventilový rozvod

#### **Podle chlazení motoru**

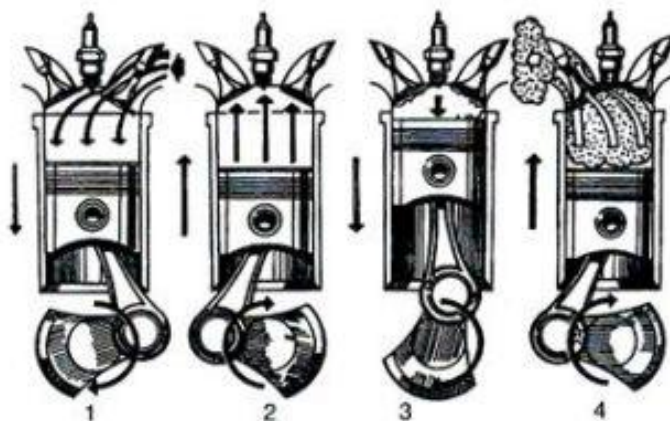
- Kapalinou
- Vzduchem [8]

Podle teoretického rozboru dvoudobých spalovacích motorů se došlo k závěru, že by měly mít dvojnásobný výkon než motory čtyřdobé. Praxe ale toto tvrzení nepotvrdila, neboť docházelo k nedokonalému nasátí směsi a tím související menší účinnosti a výkonu. Taktéž se upustilo od používání vznětových motorů, které optimálně pracují při nízkých otáčkách. Ve formuli 1 se v průběhu mnoha let měnily pravidla o objemech motorů, a jediné východisko jak navýšit výkon, bylo zvýšit jeho otáčky. Proto se ve formuli 1 používají čtyřdobé zážehové spalovací pístové motory.

#### **1.3.2 PRACOVNÍ OBĚH ČTYŘDOBÉHO MOTORU**

Pracovní prostor čtyřdobého motoru je nad pístem, kde dochází k termodynamickým dějům. Pod pístem se vlivem otáčení klikového mechanismu tvoří olejová mlhovina, která stéká po stěnách bloku motoru do prostoru spodního víka motoru (olejová vana). Mazání je tedy zajištěno stálou olejovou náplní. [12]

Princip činnosti čtyřdobého zážehového motoru je dán čtyřmi doby (Obr. 1.2): 1. Sání, 2. Komprese, 3. Expanze, 4. Výfuk



Obr. 1.2 Doby čtyřdobého motoru [12]

1. Doba (Sání): Píst se pohybuje směrem dolů od horní úvratí (HÚ) k dolní úvratí (DÚ), tím se vytváří podtlak a do válce se nasává směs paliva a vzduchu. Sací ventil je otevřený, výfukový zavřený. [12, 13]

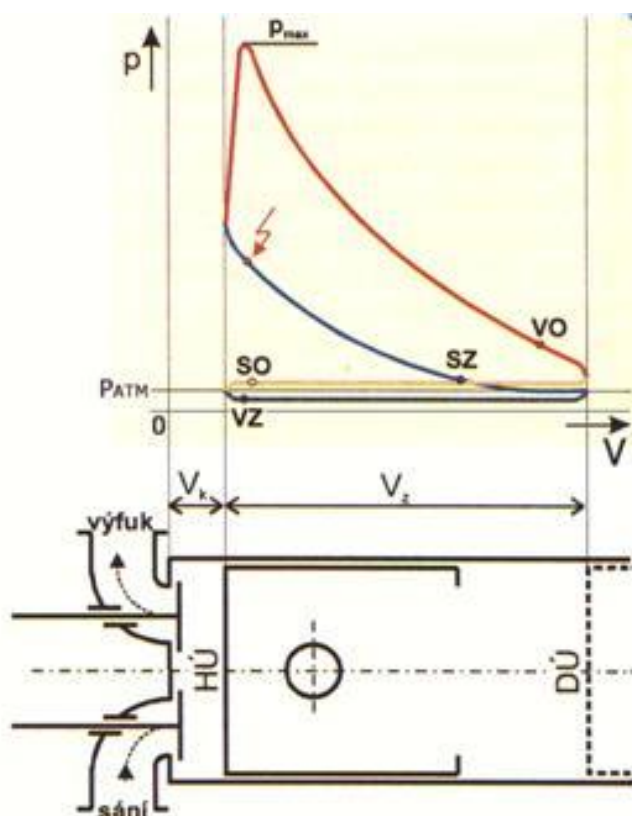
2. Doba (Komprese): Píst koná pohyb nahoru od DÚ k HÚ a stlačuje směs, teplota a tlak roste. Před HÚ dojde k zažehnutí směsi elektrickou jiskrou. Oba ventily jsou zavřeny. [13]

3. Doba (Expanze): Zapálená směs se rozpíná a tlačí na píst, který koná práci směrem dolů k DÚ. Oba ventily jsou zavřeny. [13]

4. Doba (Výfuk): Píst se pohybuje směrem nahoru k HÚ a dochází k odvodu spalín. Sací ventil je uzavřen, výfukový otevřen. [13]

Pro popis pracovního oběhu čtyřdobého motoru se používá indikátorový (pracovní) diagram (Obr. 1.3). Jedná se o graf v p-V diagramu, znázorňující průběh tlaku a objemu ve válci v závislosti na poloze pístu. [12]





Obr. 1.3 Indikátorový diagram [12]

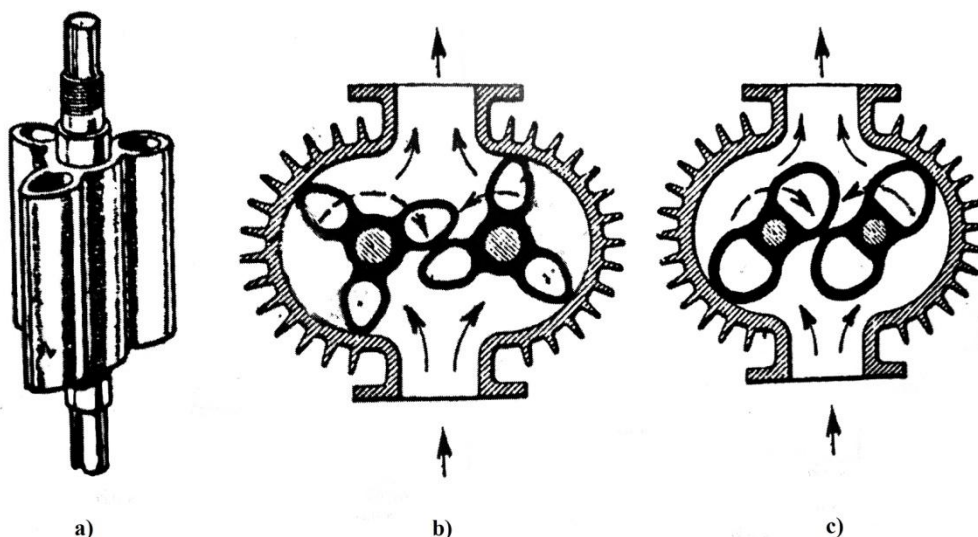
### 1.3.3 KOMPRESORY

Vývoj motorů se během poválečného období zastavil. Týmy tedy používaly motory z předválečného období. Nejúspěšnějším motorem této éry byl řadový přeplňovaný osmiválec Alfa Romeo 159 o objemu  $1\,500\text{ cm}^3$  (Obr. P6). Při vrtání 58 mm a zdvihu 70 mm se výkon motoru vyšplhal na 312 kW (424 k) při otáčkách  $9\,300\text{ min}^{-1}$ . Přeplňované motory používaly objemové kompresory Roots, které stlačovaly vzduch až na 2,3 MPa. Toto efektivní zvýšení výkonu mělo za následek velké zvýšení spotřeby. Motory si vzaly až 190 litrů paliva na 100 km. Roku 1951 vstupuje na vrcholnou scénu motorsportu Velká Británie s vozy BRM (British racing Motors). Britové si dali za cíl vyrobit vůz, který by porážel své soupeře o rozdíl třídy. To se jim částečně povedlo, neboť na svou dobu postavili revoluční motor, který svým výkonem porážel všechny ve startovním poli. BRM sestavilo dohromady dva osmiválcové motory s úhlem rozevření válců  $135^\circ$ , které byly uprostřed spojeny přírubou. Pro velmi časté poruchy z důvodu složitosti, a použitím odstředivých kompresorů k přeplňování motorů, vozy často nedojely do cíle závodu. Vývoj odstředivých kompresorů provádělo letecké oddělení firmy Rolls-Royce, které mělo hodně zkušeností s leteckými motory. Jednostupňové odstředivé kompresory byly oproti objemovým kompresorům Roots malé, lehké a dodávaly přetlak 4 až 5,7 MPa. Motor trpěl nedostatkem točivého momentu v nízkých otáčkách, naopak ve vysokých otáčkách prudce narostl. Postupem času se ukázalo, že za většinu poruch mohly právě odstředivé kompresory, které nefungovaly tak dobře, jako u stíhacích letadel Spitfire a Mustang. [4, 14]



### Objemový kompresor Roots

Kompresory jsou mechanické zařízení, které nasávají okolní vzduch, stlačují ho a pod tlakem dodávají do motoru. Skládá se ze dvou rotujících pístů se dvěma až třemi lopatkami. Krouživým pohybem od klikové hřídele pomocí ozubených kol se nasávaný vzduch stlačuje. Díky velké spolehlivosti, kterou si zasloužil za války u letadel, patřil mezi nejrozšířenější kompresory. [4]



Obr. 1.4 Objemový kompresor Roots [4]

- a) rotující písty
- b) schéma dvou rotujících pístů se třemi lopatkami
- c) schéma dvou rotujících pístů se dvěma lopatkami

### Odstředivý kompresor

Princip kompresoru byl založen na stlačování vzduchu pomocí odstředivé síly. Kompresor byl umístěn vpředu na motoru a otáčel až čtyřnásobnou rychlostí než kliková hřídel. Odstředivý kompresor byl velmi účinný u letadel a v zámoří, kde se jezdilo na oválech. Tato charakteristika tratě, kdy se prakticky celý závod jel na plný plyn, umožňoval dosahovat odstředivým kompresorům velkého přetlaku. Naopak na tratích Evropy, které měly hodně zatáček, bylo potřeba měnit rychlostní stupně. Řazením rychlostních stupňů se měnily otáčky klikové hřídele. Tím se ovlivňoval kompresor i samotný motor, který ztrácel výkon. [4]

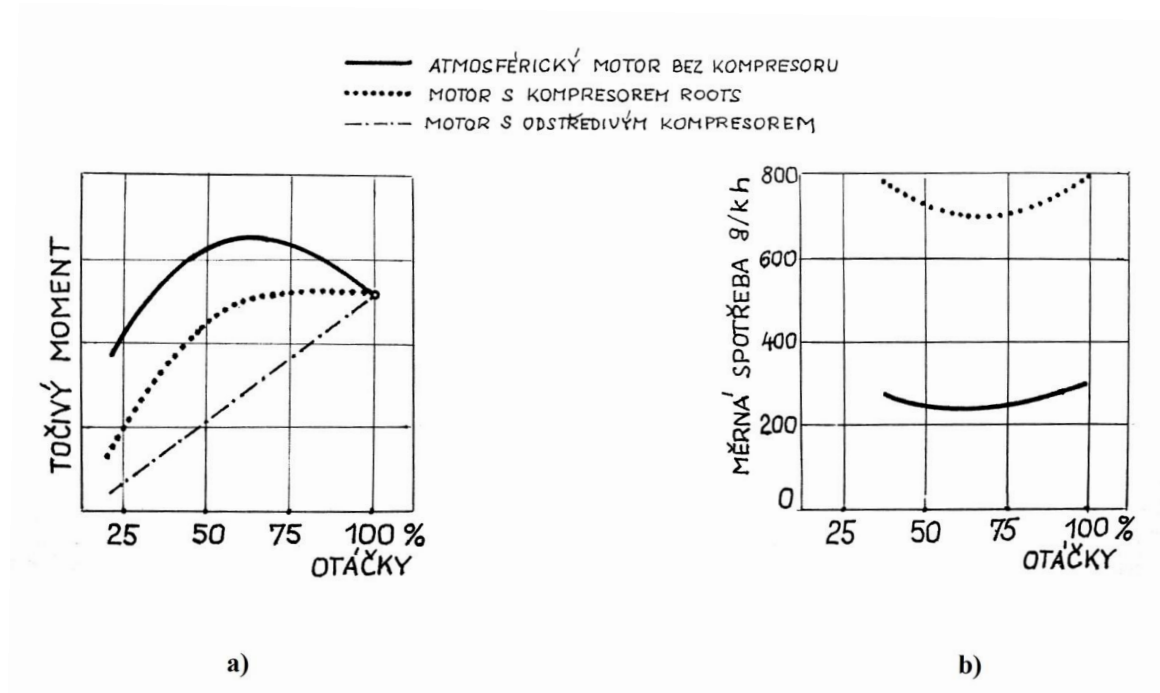
Sám Enzo Ferrari viděl budoucnost formule 1 ve velkoobjemových atmosférických motorech, se kterými měl bohaté zkušenosti ze sériové výroby svých sportovních aut. Výhodou atmosférických motorů byl fakt, že spotřebovaly daleko méně paliva než motory přeplňované (Obr. 1.5). Vozy s oběma typy motorů měly přídatné nádrže na palivo, ale vozy s atmosférickými motory nemusely tak často zastavovat pro doplnění paliva. [4]

O přípravu směsi se staral karburátor. Téměř u všech vozů bylo uspořádání karburátor-kompresor-motor. Karburátor tedy připravoval směs paliva a vzduchu a kompresor jej pod



tlakem vháněl do motoru. Palivo bylo stejné jako v závodech Grand Prix, a to směs alkoholů a uhlovodíků. [4]

O zapalování směsi paliva a stlačeného vzduchu se staraly zapalovací svíčky anglického výrobce Lodge se závitem M14x1,25. Dodnes jsou používány a to díky své spolehlivosti a odolnosti proti tepelným a mechanickým vlivům. [4]



Obr. 1.5 [4]

a) Průběh točivého momentu přeplňovaného a atmosférického motoru

b) Měrná spotřeba přeplňovaného a atmosférického motoru

### 1.3.4 STŘEDNÍ PÍSTOVÁ RYCHLOST

Životnost motorů je ovlivněna rychlostí pístu. Při velké rychlosti pístu dochází k opotřebení povrchu pístu (neboli pístních kroužků) – válec. Tato rychlost není konstantní a mění svoji velikost od nulové hodnoty po své maximum. Její výpočet je náročný a v době bez výpočetní techniky neřešitelný. Proto se zavedlo zjednodušení na střední pístovou rychlost, která předpokládá, že rychlost pístu je konstantní. Je dána dráhou, kterou urazí píst ve válci motoru za jednotku času. [4, 15, 16]

$$c_s = \frac{2 \cdot n \cdot l}{60} \quad (1)$$



Kde:

$c_s$ .....střední pístová rychlost [m/s]

$n$ .....počet otáček [ $\text{min}^{-1}$ ]

$l$ .....zdvih (vzdálenost mezi dolní a horní úvratí válce) [m] [15]

Střední pístová rychlost je fiktivní výpočtová hodnota, která charakterizuje vlastnosti pístových motorů, slouží k porovnání jejich konstrukční vyspělosti. S její pomocí lze srovnávat motory různých konstrukcí s rozdílnými pracovními otáčkami. Ze vztahu je patrné, že je přímo úměrná otáčkám a vlastnímu zdvihu. U motorů formule 1 se pohybuje okolo 25 m/s. Nad touto rychlostí dochází k většímu opotřebení povrchu pístu vlivem sdírávání olejového filmu. Dosažení této hodnoty je možné snížením pracovního zdvihu a zvýšením otáček, tak se také odvíjel budoucí vývoj atmosférických motorů. [4, 15, 16]

### 1.3.5 ZDVIHOVÝ POMĚR

Zdvihový poměr  $\xi$  [-] určuje vztah mezi zdvihem pístu  $l$  a vrtáním válce  $d$

$$\xi = \frac{l}{d} \quad (2)$$

Kde  $d$  je průměr válce [m] [4]

Ze vztahu vyplývá, že při stejném pracovním zdvihu klesá zdvihový poměr a roste vrtání válce a naopak. Toho lze využít při navrhování motorů vzhledem k jeho otáčkám, plnění válců, produkci a odvodu spalín. Větší zdvihový poměr snižuje tepelné ztráty, tepelné zatížení stěn a zvyšuje mechanickou účinnost motoru. Podle zdvihového poměru se motory dělí na:

$l > d$ , motor se nazývá nadčtvercový (dlouhozdvihový)

$l = d$ , motor se nazývá čtvercový

$l < d$ , motor se nazývá podčtvercový (krátkozdvihový) [14, 17]

Výhodou podčtvercových motorů je malá stavební výška. Technologicky a stavebně byly jednodušší a lehčí, s větší plochou pístů se zlepšilo chlazení a větší ventily přinesly lepší plnicí účinnost. Při zachování stejných otáček klesá střední pístová rychlost, to se pozitivně projevuje na menších opotřebeníh pístních kroužků a válců motoru. Životnost motoru tedy roste. [17]

Nevýhodou je použití větších pístů, kterým odpovídají větší tlakové síly plynů působící na píst a tedy i velké zatížení všech pístů a ložisek klikového hřídele. [17]

Vývoj motorů se tedy ustálil na výrobě motorů s malým pracovním zdvihem, kdy motory byly uloženy podélně vpředu a přenášely výkon na zadní nápravu. Výfukové potrubí bylo vedeno kolem vozu k jeho zadní části, později se přesunulo ke spodní části vozu. [4, 14]



### 1.3.6 VENTILOVÉ ROZVODY

Jsou důležitým prvkem každého motoru, řídí plnění válců palivovou směsí a odvod spalin. Jejich otevírání je řízeno vačkovou hřídelí, která je poháněna klikovou hřídelí prostřednictvím ozubeného řemenu, řetězu nebo ozubených kol. Zavírání je pomocí pružiny. Dle konstrukce lze rozdělit ventillové rozvody na SV, OHV, OHC, DOHC a Desmodromický rozvod. [4, 18]

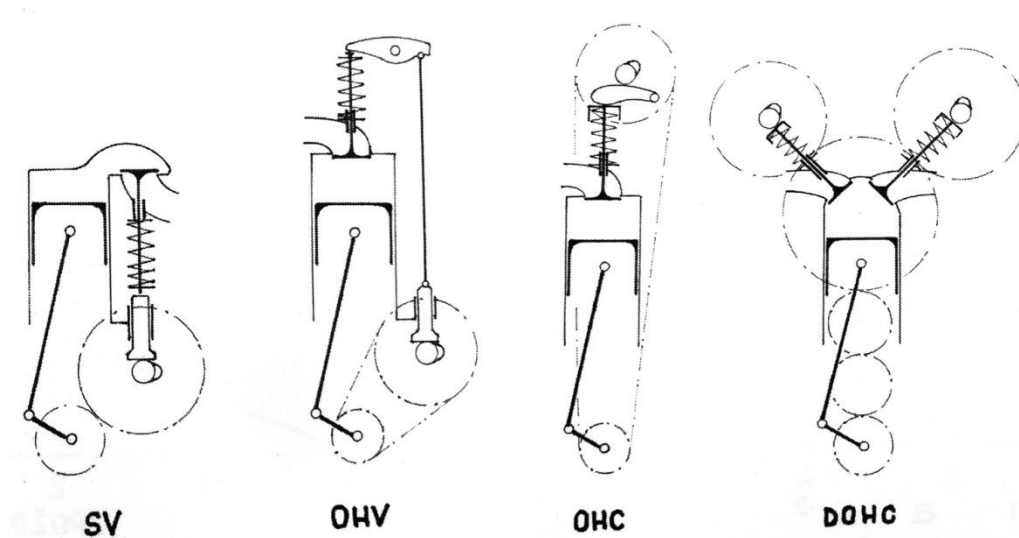
**SV** – zkratka z anglického Side Valves, jedná se o uspořádání s postranními ventily umístěnými v bloku motoru. Jsou poháněny zespodu vačkovou hřídelí. Pro nevyhovující tvar spalovacího prostoru se v automobilovém průmyslu přestaly používat. [18]

**OHV** – Over Head Valves, ventily jsou uloženy v hlavě motoru a ovládané zvedacími tyčkami nebo zdvihátky od vačkové hřídele, která je uložena v bloku motoru. Pohon vačkové hřídele je pomocí ozubení, nebo řetězu. Dnes se prakticky nevyskytuje pro velké množství pohybujících se částí a nevhodnost pro vysokootáčkové motory. [18]

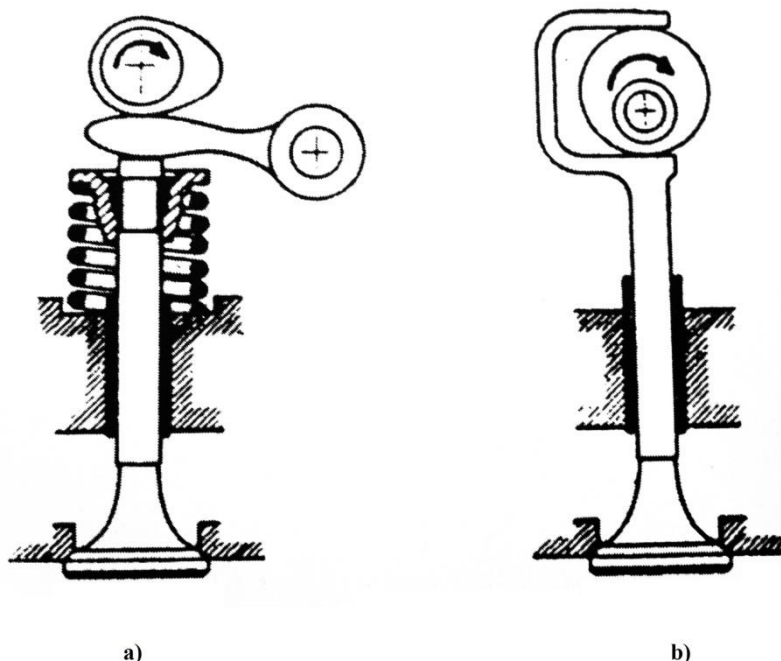
**OHC** – Over Head Camshaft, vačková hřídel je společně s ventily uložena v hlavě motoru. Její pohon je dán prostřednictvím ozubeného řemenu, řetězu a v některých případech i ozubenými koly. Nevýhodou je složitá konstrukce hlavy motoru. [18]

**DOHC** – Double Over Head Camshaft, jedná se o evoluci rozvodu OHC, kdy jsou použity dvě vačkové hřídele, jedna pro sací ventily, druhá pro výfukové ventily. [18]

**Desmodromický rozvod (D)** – nebo také nucený rozvod, kde první vačková hřídel ventily otevírá, a druhá vačková hřídel je zavírá. Jiné řešení je za použití jedné vačkové hřídele, která obstarává otevírání a zavírání obou ventilů. Toto řešení je vhodné pro vysokootáčkové motory, kdy pružiny nestíhají vrátit ventily. [4, 18]



Obr. 1.6 Typy ventilových rozvodů [4]



Obr. 1.7 Schéma ventilového rozvodu [4]

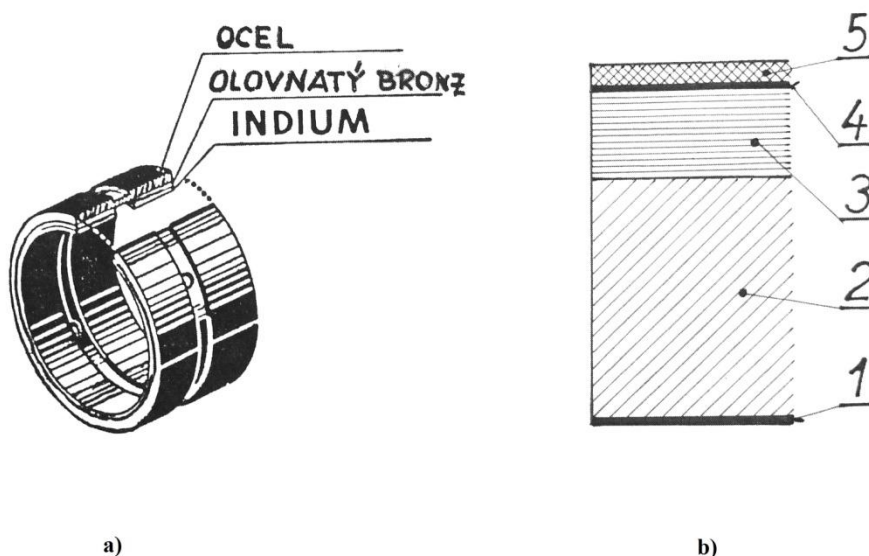
a) ventilový rozvod s pružinou

b) Desmodromický rozvod

### 1.3.7 LOŽISKA

Nezbytnou součástí každého motoru, která ovlivňuje jeho výkon a otáčky, jsou ložiska. Pro uložení klikové hřídele se používaly kluzná ložiska s cínovou výstelkou, která ale postupem času z důvodu zvyšujícího se výkonu přestala vyhovovat. Výrobci tedy začali používat valivá ložiska, která přinesla větší životnost a spolehlivost. Nevýhodou ale byly vysoké výrobní náklady, požadavky na přesnost a také se zvětšil počet pohybujících se součástí motoru. Další vývoj se začal ubírat zpátky k používání osvědčených kluzných ložisek a hledání nových materiálů, které by zjednodušily a odlehčily celou konstrukci. Tento problém vyřešily třívrstvá kluzná ložiska Vandervell pro letecké motory. Jejich konstrukce sestávala z ocelového plechu s vrstvou olovnatého bronzu, pokrytou slabým povlakem india. Ložiska vykazovala dlouhou životnost a snášela otáčky přes 10 000 za minutu. Jiným používaným ložiskem se stalo ternární ložisko Glyco. Používáním kluzných ložisek se snížily mechanické ztráty a tím došlo ke zvýšení účinnosti motorů. [4]





Obr. 1.8 Kluzná ložiska [4]

a) třívrstvé tenkostěnné ložisko Vandervell

b) ternární ložisko Glyco: 1-antikorozní vrstva, 2-ocelová pánev, 3-olovnatý bronz, 4-ochranná vrstva niklu, 5-kluzná vrstva z měkkého kovu

### 1.3.8 SPOJKA

Pro přenos točivého momentu od motoru na převodovku, kdy se používaly čtyři až pět stupňů pro jízdu vpřed a jeden rychlostní stupeň pro zpátečku, je dán pomocí spojky. V průběhu historie formule 1 prodělala spojka několik evolucí. Zpočátku se používaly dvoulamelové spojky, později s novými motory, které byly uloženy blíže k vozovce, byla snaha vyrobit co nejmenší spojku. To vedlo k výrobě vícelamelových spojek, které zároveň zrychlují samotný proces přeřazení rychlostních stupňů, a použitím více lamel vede ke zvýšení životnosti. Jezdci měli ve voze všechny pedály, tedy plynový, brzdový a spojkový společně s řadicí pákou. Řazení rychlostních stupňů vyžadovalo preciznost a jezdci často řídili jen s jednou rukou na volantu. [4, 19]

## 1.4 AERODYNAMIKA

Na jízdní vlastnosti auta, maximální rychlost, ale i na spotřebu paliva má výrazný vliv aerodynamika. Zpočátku tomuto odvětví nebyla věnována značná pozornost, změna přišla po druhé světové válce, kdy mnoho leteckých inženýrů z oblasti aerodynamiky hledalo novou práci. Karoserie vozů vycházela z trubkového rámu, který měl oválný tvar. Ta byla konstruována tak, aby měly vozy malý aerodynamický odpor a dosahovaly velkých rychlostí. [4]



## 1.5 PNEUMATIKY

Mezi převládající typ kol patřila paprsková kola. Volba pneumatik se odvíjela od typu závodu. Závodní pneumatiky jsou charakteristické tuhou kostrou s nízkým a lehkým běhounem. Ty vykazovaly oproti sériovým pneumatikám lepší vlastnosti, ale z důvodu nízkého běhounu nekompensovaly chyby závěsů kol. Proto byly nutné větší požadavky na geometrii vozu. Na technických tratích kde vozy dosahovaly menších rychlostí, se používaly pneumatiky s vyšším a měkčím dezénem, které se méně zahřívaly, ale měly větší opotřebení. Pro rychlé tratě byly vhodné pneumatiky s tvrdým a nízkým dezénem, které se sice hodně zahřívaly, ale měly delší životnost. Mezi dodavateli pneumatik bylo Pirelli a Firestone. [4, 20]

## 1.6 BEZPEČNOST

Na první závod Mistrovství světa formule 1, který se jel na bývalém vojenském letišti v Silverstone dohlíželi záchranáři. Ti ale neměli žádnou zkušenost s asistencí v motoristickém sportu a nacházeli se pouze v prostoru startu a cíle, neboť kolem trati nebyla vybudována žádná infrastruktura, jak ji známe z moderních závodů formule 1. Samotní řidiči měli civilní oblečení, kuklu a ochranné brýle. Pásky ve vozech nebyly. [4, 21]

## 1.7 CHARAKTERISTIKY VÝZNAMNÝCH VOZŮ

Tab. 1 Charakteristiky významných vozů [vlastní tvorba, 4, 22, 23, 24]

Rok výroby	Výrobce, značka, typ	Počet a uspořádání válců [°]		Objem motoru [cm³]	Ventilový rozvod	Vrtání [mm]	Zdvihový poměr	Plnicí tlak [MPa]	Výkon [kW]	Otáčky [1/min]	Střední pístová rychlost [m/s]
						Zdvih [mm]			[k]		
1947–1948	ERA typ E	4R		1 488	OHV	57,5	1,66	2	129	7 000	22,2
						95,2			175		
1947–1951	Lago Talbot	6R		4 485	OHV	93	1,13	1	184	5000	18,3
						110			250		
1948	Maserati 4 CLT/48	4R		1 490	OHC	78	1	2,6	191	7 500	19,5
						78			260		
1949–1953	BRM	16V	135	1 488	DOHC	49,53	0,97	5,7	385	10 500	16,9
						48,26			525		
1950	Alfa Romeo 158	8R		1 488	DOHC	58	1,2	2,7	258	8 500	19,8
						70			350		
1951	Alta GP 3	4R		1 490	DOHC	78	1	2,6	191	7 500	19,5
						78			260		
1951	Ferrari 375 F1	12V	60	4 494	OHC	80	0,93	1	280	7 500	18,6
						74,5			380		
1951	Simca-Gordini	4R		1 490	DOHC	78	1	2	135	7 000	18,2
						78			180		





## 2 VOZY FORMULE 2 1952–1953

Příliš drahá formule 1 dala vzniku malým, ale přesto rychlým a obratným vozům formule 2. Formule 2 vycházela z dílů sériových aut a díky její technické zajímavosti se stala hodně zajímavou jak pro nové a mladé jezdce, tak i pro jezdce formule 1. Svoji oblíbenost si také získala malou pořizovací cenou. [4]

Uplatnění poznatků z vývoje vozů formule 2 dokládá firma Maserati. Jejich vůz Maserati A6 GCM byl vrcholným dílem, jenž byl postaven na základech modelové řady A6. Ve své době patřil mezi nejrychlejší na startovním roštu. Vývoj vozu byl využit v sériové výrobě, kdy na jeho základech vznikl sportovní vůz A6 GSC a cestovní vůz GT A6 G 2 000. [4]

### 2.1 TECHNICKÉ PŘEDPISY

Vývoj přeplňovaných vozů se v roce 1951 zastavil, neboť další vývoj kompresorových motorů by byl příliš nákladný a automobilky neměly zájem o stavbu velkých a drahých vozů formule 1. FIA tedy rozhodla o tom, že Mistrovství světa jezdců bude ježděno s vozy formule 2 s přeplňovanými motory o objemu  $500\text{ cm}^3$ , nebo s atmosférickými motory o objemu  $2\,000\text{ cm}^3$ . Tento poměr 1 : 4 výrazně znevýhodňoval kompresorové motory, které neměly šanci porazit atmosférické motory. Evropa pomalu, ale jistě začala preferovat motory bez kompresoru. Vozy byly bez hmotnostního omezení. [4]

### 2.2 PODVOZEK

Vozy formule 2 byli menší verzí F1. Základem byl roštový rám z oválných, nebo kruhových trubek s motorem vpředu a poháněnými zadními koly. Důležitou změnou byla výměna zadní nápravy. Do roku 1952 měly vozy na zadní nápravě výkyvné poloosy. Toto jednoduché a levné řešení neoceňovali jezdci, kteří se potýkali s přetáčivostí vozů. Přes různá řešení, např. odklonem zadních kol, nebo olověným balastem na zádi vozu začaly týmy používat nápravu de Dion. Tato náprava byla složitější a také těžší, ale poskytovala lepší jízdní vlastnosti. Jiným technologicky jednoduchým řešením bylo použití klasické tuhé nápravy. [4]

#### 2.2.1 PŘEDNÍ A ZADNÍ NÁPRAVA

Konstrukce nápravy je technicky velmi náročné a pro konstruktéry to byla nejsložitější část vozu, ale také jednou z nejdůležitější, neboť na jejímž základě se odvíjelo chování celého vozu. Pro přední nápravu je nezbytné zrušení vazby mezi pravým a levým kolem. Jako nejlepší řešení, které se osvědčilo v průběhu budoucích let, bylo použití lichoběžníkového závěsu kol. Závěs vykazoval vynikající geometrii a nabízel široké možnosti nastavení. Pro zadní kola byla typická tuhá náprava. Poháněná zadní náprava byla spojena pomocí kloubových hřídelů s rozvodovkou, jejíž součástí je stálý hnací převod nápravy a diferenciál. O odpružení tuhé nápravy se staraly listové pružiny nebo vinuté pružiny. Její výhodou byla nízká cena, jednoduchost a malá hmotnost, nevýhodou ale zhoršené jízdní vlastnosti, protože při naježdění na nerovnost se nemohla kola pohybovat nezávisle na sobě. [4, 25]



### 2.2.2 NÁPRAVA DE DION

Nejvyšším vývojovým stupněm tuhé nápravy je náprava de Dion (Obr. 2.1), která kombinuje přednosti tuhé nápravy a nezávislého zavěšení kol. Kola jsou spojena tuhým nosníkem, který zajišťuje jejich vzájemnou polohu. Na rozdíl od tuhé nápravy je u nápravy de Dion, která je odpružená vinutými pružinami, rozvodovka pevně spojena s rámem vozu. Toto řešení přineslo lepší jízdní vlastnosti a všechny týmy ji začaly pomalu používat na svých vozech. [25, 26]



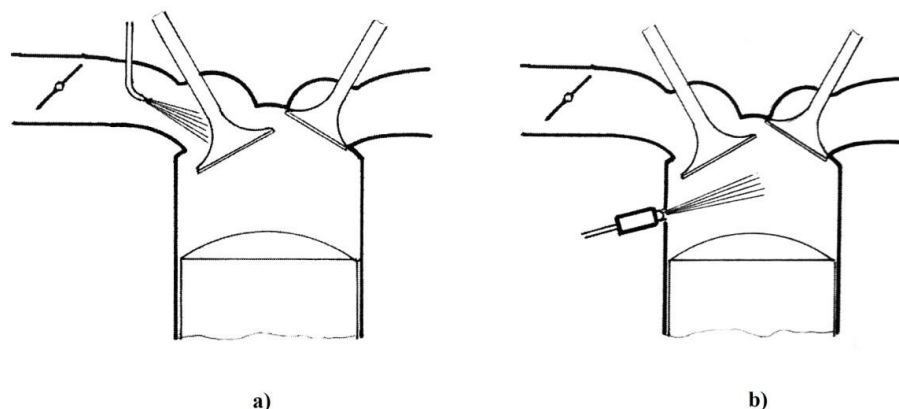
*Obr. 2.1 Náprava de Dion s vinutými pružinami [25]*

## 2.3 POHONNÁ JEDNOTKA

Omezením na menší motory se formule 2 přiblížila sériovým produkčním vozům. To vyhovovalo především italským firmám Ferrari a Maserati, francouzské Gordini, ale také angličanům, protože F2 byla velmi podobná jejich závodním vozům. Nejlepším motorem té doby byl Ferrariho vidlicový dvanáctiválec 166 z roku 1948. Dával výkon 110 kW (150 k) a měl o 2 000 otáček více než jeho konkurence. V roce 1951 narostl výkon o 4 kW, prodloužilo se šasi a přibyla náprava de Dion. O rok později byl osvědčený dvanáctiválec nahrazen menším, sportovnějším čtyřválcem o výkonu 132 kW (180 k). Díky malé hmotnosti se vozy stávaly rychlejšími než jejich předchůdci. [4]

S koncem kompresorů se konstruktéři začali více věnovat sacímu a výfukovému potrubí, společně s řešením ventilových rozvodů. Nejčastější bylo provedení jednoho karburátoru na každý válec. O rozvoji nepřímého vstřikování (Obr. 2.2) do sacího potrubí se zasloužily anglické firmy Alta a Connaught. Výhodou nepřímého vstřikování oproti karburátoru je vyšší výkon, snížení spotřeby paliva a rychlejší reakce při sešlápnutí plynového pedálu. [4]

Díky malé hmotnosti a motorům, které spotřebovaly méně paliva, bylo možné s vozy formule 2 odjet závod o délce 500 km bez nutnosti zastávky v boxech. [4]



Obr. 2.2 Vstřikování lehkého kapalného paliva [4]

a) nepřímé

b) přímé

## 2.4 AERODYNAMIKA

Malé vozy, které byly postaveny nízko nad zemí, měly oválný tvar jako vozy formule 1. Karoserie byla v každé lince uhlazena pro dosažení větší maximální rychlosti. Přední část vozu, sloužící ke chlazení motoru, byla konstruována tak, aby nezvyšovala aerodynamický odpor, a aby efektivně chladila pohonnou jednotku uloženou vpředu před jezdce. Cílem bylo přivést takové množství vzduchu, aby motor pracoval s nejvyšší možnou teplotou, která zaručovala jeho maximální výkon. Malý otvor, a tím i menší množství vzduchu přiváděný ke chlazení motoru, mělo za následek špatné chlazení, které vedlo k jeho přehřívání a v konečné fázi i k jeho poruše a odstoupení ze závodu. Velký otvor s větším množstvím vzduchu vedl k dobrému chlazení, ale odebírala se energie z proudění vzduchu, která mohla být využita ke generování přitlaku. [27]

## 2.5 PNEUMATIKY

Pneumatiky se rok od roku zlepšovaly a jejich výdrž rostla. Malá hmotnost vozů formule 2 měla za následek, že pneumatiky vydržely celý závod. Mezi dodavateli pneumatik byli Pirelli a Firestone. [4, 20]

## 2.6 BEZPEČNOST

Bezpečnost jezdců, tak i okruhů byla na stejné úrovni jako v roce 1950. Z dnešního hlediska potřebovali jezdci hodně odvahy a jezdeckých zkušeností aby mohli absolvovat Velkou cenu. Dá se říci, že to byli spíše hrdinové, než závodní jezdci. V dnešní době, když jezdec vážně havaruje, tak většinou odejde nezraněn, protože bezpečnost je na vysoké úrovni, ale pro tuto dobu bylo charakteristické, že když měl jezdec těžkou nehodu, tak to byla jeho první a poslední nehoda, neboť se za ni platilo cenou nejvyšší, a to lidským životem.



## 2.7 CHARAKTERISTIKY VÝZNAMNÝCH VOZŮ

Tab. 2 Charakteristiky vybraných vozů [vlastní tvorba, 4, 22, 23, 24]

Rok výroby	Výrobce, značka, typ	Počet a uspořádání válců [°]	Objem motoru [cm <sup>3</sup> ]	Ventilový rozvod	Vrtání [mm]	Zdvihový poměr	Výkon [kW]	Otáčky [1/min]	Střední pístová rychlost [m/s]
					Zdvih [mm]		[k]		
1949	Veritas Meteor	6R	1 988	OHC	75	1	103	7 000	17,5
					75		140		
1951	Connaught F2	4R	1 960	2xOHV	79	1,26	114	5 500	18,3
					100		155		
1951	ERA typ G	6R	1 971	OHV	66	1,38	110	5 750	18,4
					96		150		
1951	Gordini	6R	1 988	DOHC	75	1	114	7 000	17,5
					75		155		
1952–1953	Cooper-Bristol	6R	1 971	OHV	66	1,38	110	5 750	18,4
					96		150		
1953	Ferrari 500 F2	4R	1 983	DOHC	93	0,78	147	7 500	18,3
					73		200		
1953	HWM	4R	1 960	DOHC	83,5	1,08	117	6 000	18
					90		160		
1953	Maserati A6 GCM	6R	1 988	DOHC	76,5	0,94	145	8 600	20,6
					72		197		



### 3 NÁVRAT K BĚŽNÉ TECHNICE 1954–1960

Častější závody vozů formule 1 se stávaly mezi diváky oblíbenější. Startovní pole bylo velmi pestré, do závodů startovalo až třicet aut. [4]

V roce 1955 začalo stávající uložení motoru vpředu nahrazovat uložení motoru vzadu. Mezi průkopníky s motorem vzadu patřil australský jezdec Jacky Brabham, který měl jako první ve svém voze Cooper motor za jezdcem. Ne všechny týmy tomuto řešení věřily, např. Ferrari se domnívalo, že nejlepší řešení z hlediska uložení motoru je vpředu. Když se ukázalo, že vozy, které mají pohonnou jednotku uloženou vzadu, jsou stabilnější a rychlejší, než stávající vozy s motorem vpředu, začaly všechny týmy přestavovat svoje vozy. Tento trend byl zlomovým okamžikem a vozy s motorem vzadu začaly vytlačovat původní klasické vozy formule 1. [4]

Od roku 1958 je vyhlašován Mezinárodní automobilovou federací Pohár konstruktérů, který má stejné bodové hodnocení jako jezdců. Titul mezi jezdci je pro diváky a sponzory všeobecně uznávanější, ale pro týmy je hodnotnější Pohár konstruktérů. Ten získá tým, který zkonstruoval nejlepší vůz, jenž pravidelně dojíždí na nejvyšších bodovaných pozicích. Pro rok 1960 bylo hodnoceno v cíli prvních šest nejrychlejších vozů a to počtem bodů 8, 6, 4, 3, 2, 1. [2, 4]

Toho samého roku odchází ze závodů Velkých cen Maserati, jejich vozy se v závodech objevují pouze v rukách soukromých řidičů. [2]

#### 3.1 TECHNICKÉ PŘEDPISY

V roce 1954 došlo ke změně pravidel v oblasti objemů motorů. Toto období je charakterizováno jako návrat k formuli 1. Objem motorů byl navýšen na  $2\,500\text{ cm}^3$  u atmosférických motorů a u přeplňovaných motorů na  $750\text{ cm}^3$ . Poměr obou variant stoupl na 1 : 3,3 ve prospěch atmosférických motorů, které byly pro výrobce motorů atraktivnější. Do roku 1957 bylo povoleno libovolné palivo, kdy většina účastníků Mistrovství světa formule 1 používala alkoholové směsi. Závod byl vypsán na 300 km, nebo na 2 hodiny. Od roku 1958 se používal letecký benzín s oktanovým číslem 100 až 130. Délka závodu byla prodloužena na 500 km nebo na 5 hodin. [4]

Pro stejné období pokračovala formule 2 s nepřepřplňovanými motory o objemu  $1\,500\text{ cm}^3$ . Omezení se týkalo motoru, který byl používán v sériových automobilech a to maximálně na šest válců. Palivo ve formuli 2 bylo shodné s palivem používaným ve vrcholné formuli 1. Obě třídy byly velmi podobné, týmy používaly stejné podvozky se stejnými jízdními vlastnostmi. Této vlastnosti využívali špičkoví jezdci, kteří závodili v obou kategoriích. [4]

#### 3.2 PODVOZEK

Klasické trubkové rámy začaly pomalu nahrazovat lehčí, ale pevnější prostorové příhradové rámy. Vpředu setrval lichoběžníkový závěs kol, vzadu náprava de Dion. Originální řešení zvolil tým Mercedes, který použil na zadní nápravě kyvadlovou nápravu se sníženým závěsným bodem. Toto uspořádání dávalo vynikající geometrii ve směru jízdy. [4]

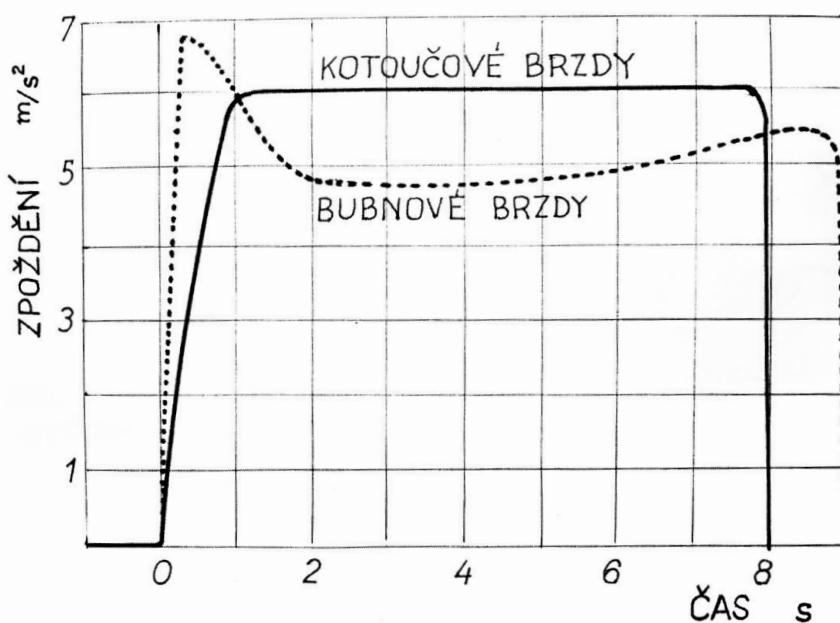


### 3.2.1 BUBNOVÉ BRZDY

Rok 1955 byl zlomový bod pro používání brzd. Stávající bubnové brzdy začaly nahrazovat účinnější a lehčí kotoučové brzdy. Bubnové brzdy ale týmy s oblibou používaly hlavně pro jejich spolehlivost. Tým, který je dovedl k dokonalosti, byl Mercedes. Bubnové kotouče, které byly oproti kotoučovým brzdám těžší, umístil co nejbližší středu vozu. Ty měly příčná žebra a vlivem otáčení a přívodem vzduchu se velmi dobře chladily. [4]

### 3.2.2 KOTOUČOVÉ BRZDY

Kotoučové brzdy byly dalším prvkem, který byl převzat z leteckého průmyslu. Jako první je na své vozy začali montovat Angličané. Jejich výroba byla jednodušší a samy o sobě vážily méně než bubnové brzdy. Výhodou kotoučových brzd oproti bubnovým je lepší chlazení a odvod tepla. Výhodou je také rovnoměrné rozložení tlaku při tření brzdových čelistí po celém obvodu, to má ale za následek větší použití síly na pedály. Proto se musely používat posilovače brzd. Velkým problémem byl zpočátku správný výběr materiálu. Brzdy se při aktivním brzdění velmi zahřívaly a po následném ochlazení křehly. Tento problém se vyřešil použitím tvárné litiny s bainitickou strukturou. Na Obr. 3.1 je průběh zpoždění vozu z rychlosti 150 km/h do zastavení. Náběh kotoučových brzd je pomalejší, ale jejich účinnost je konstantní po celou dobu brzdění a vůz se zastaví na kratší vzdálenosti. [4]



Obr. 3.1 Charakteristika bubnových a kotoučových brzd při intenzivním brzdění [4]



### 3.3 POHONNÁ JEDNOTKA

Po dlouhá léta se experimentovalo se zvyšováním plnicího tlaku v sacím potrubí a se vstřikem alkoholových paliv před kompresor. Vývoj ukázal, že vývoj kompresorového motoru je velmi náročný jak z hlediska času, tak financí. Aby měl kompresorový motor stejný litrový výkon 85 kW jako 2,5 litrový atmosférický motor, bylo by potřeba dosáhnout plnicího tlaku 5 MPa. To bylo v té době technicky proveditelné, ale za cenu spolehlivosti a náročnosti nepřijatelné. Dalším faktem byla daleko větší spotřeba paliva u kompresorových motorů. Definitivní konec kompresorových motorů učinili výrobci, kteří nemohli využít zkušenosti s maloobjemovými motory v sériové výrobě produkčních vozů. [4]

### 3.4 AERODYNAMIKA

Největšího využití aerodynamiky dosáhl Mercedes, který se vrátil na tratě Velkých cen po dlouhé 15leté pauze. Se spoluprací technické univerzity ve Stuttgartu sestavili vůz vybavený proudnicovou karosérií z hliníkového plechu, který plně zakrýval všechna kola. Jezdci ale dávali přednost klasickému provedení, a tak se zakapotovaný vůz používal jen na některých okruzích, jako byla Monza, nebo Remeš, kde byly vozy rychlejší až o 15%. [4]

### 3.5 PNEUMATIKY

Tradiční paprsková kola začala pomalu nahrazovat lehčí kola ze slitiny hořčíku. Velikost kol se zmenšil z předválečných 19" na 17". To vedlo ke snížení hmotnosti jednoho kola až o 3 kg, což představovalo asi 10% neodpružené hmoty. [4]

Výrobci pneumatik si začali uvědomovat velikost a důležitost motorsportu, zvláště ve formuli 1, kdy mohly náročný vývoj uplatnit v sériové výrobě. Vývoj pneumatik byl časově i finančně náročný, ale stálá poptávka po závodních pneumatikách vedla k zbohatnutí těchto firem. S příchodem Mercedesu na scénu se kromě stávajících dodavatelů pneumatik Pirelli a Dunlop objevil Continental. Další novou značkou byl Englebert. [4, 20]

### 3.6 BEZPEČNOST

Klasické závodní tratě svoji podobu nezměnily. Drobné úpravy se dostavily pouze kolem tratě a zlepšování povrchu vozovky, ale únikové zóny stále chyběly. Jiná situace byla na závodních okruzích bývalých vojenských letišť. Široké tratě poskytovaly společně s únikovými zónami daleko větší bezpečnost. Mezi tradiční evropské okruhy patřila italská Monza, belgický okruh ve Spa-Francorchamps, německý Nürburgring a městský okruh v Monte Carlu. Bezpečnostní opatření ale zdaleka nedosahovala dnešních kvalit a byla nedostatečná z hlediska dosahovaných rychlostí. To vedlo k největší tragédii v historii automobilového sportu. Při 24hodinovém závodě sportovně-závodních vozů v Le Mans 11. června 1955 vylétl s vozem Mercedes 300 SLR Francouz Pierre Levegh v prostoru startu a cíle na tribunu plnou diváků. Na místě zemřel a s ním i 80 diváků. Tato tragická událost se stala podnětem ke zvyšování bezpečnosti na okruzích, mnoho Velkých cen bylo zrušeno a tým Mercedes se rozhodl k odchodu ze světa formule 1. [4]





### 3.7 CHARAKTERISTIKY VÝZNAMNÝCH VOZŮ

Tab. 3 Charakteristiky vybraných vozů [vlastní tvorba, 4, 22, 23, 24]

Rok výroby	Výrobce, značka, typ	Počet a uspořádání válců [°]		Objem motoru [cm³]	Ventilový rozvod	Vrtání [mm]	Zdvihový poměr	Výkon [kW]	Otáčky [1/min]	Střední pístová rychlost [m/s]
						Zdvih [mm]		[k]		
1953–1954	Mercedes W 196	8R		2 496	D-DOHC	76	0,9	214	8 500	19,5
						68,8		291		
1954–1955	Lancia D 50	8V	90	2 489	DOHC	76	0,9	184	8 500	19,4
						68,5		250		
1954–1955	Gordini typ 16	6R		2 480	OHC	80	1,02	162	6 000	16,4
						82		220		
1954–1958	Vanwall	4R		2 490	DOHC	96	0,895	193	7 500	21,5
						86		262		
1955–1956	Connaught (Alta)	4R		2 472	DOHC	93,5	0,963	184	7 000	21
						90		250		
1956	Bugatti 251	8R		2 432	DOHC	75	0,91	202	9 000	20,6
						68,8		275		
1957–1958	BRM	4R		2 491	DOHC	102,8	0,728	184	8 000	19,9
						74,93		250		
1957	Maserati 250/12FM	12V	60	2 495	DOHC	68,7	0,82	232	10 000	18,7
						56		315		
1958	Lotus 16	4R		2 207	DOHC	89	1	143	6 300	18,7
						89		194		
1958	Scarab	4R		2 440	D-DOHC	92,25	0,92	173	7 500	21,4
						85,73		235		
1959	Cooper T51	4R		2 495	DOHC	94	0,956	177	6 750	20,2
						89,9		240		
1959	Ferrari 256 Dino	6V	65	2 474	DOHC	86	0,825	220	9 000	21,3
						71		300		





## 4 DOUTNÍKOVÉ OBDOBÍ 1961–1965

Toto období je vyznačováno jako poslední období před příchodem tabákové reklamy. Týmům stačila podpora výrobců pneumatik, dodavatelů paliva a náhradních dílů. Jejich roční rozpočet byl ve srovnání s dnešními týmy zanedbatelný. [2, 4]

Od roku 1961 až do roku 1990 se v cíli hodnotilo prvních šest nejrychlejších vozů a to počtem bodů 9, 6, 4, 3, 2, 1. [2]

### 4.1 TECHNICKÉ PŘEDPISY

Do roku 1959 mohly týmy používat přepřňované motory, to se ale na počátku nového desetiletí změnilo. FIA se nadále snažila přiblížit techniku formule 1 k produkčním vozům, a tak snížila výkon motorů o 40% na konečných 1 500 cm<sup>3</sup>. Používání atmosférických motorů se těšilo rok od roku větší oblibě jak u jezdců, tak u týmů samotných. Proto se FIA rozhodla používání přepřňovaných motorů zakázat. Používané palivo se nezměnilo a to benzín oktanového čísla 100 až 130. Nově musel být vůz vybaven spouštěčem. Minimální hmotnost vozu s chladicí kapalinou a olejem, ale bez paliva byl stanoven na 450 kg. Předpisy rovněž stanovily šířku vozidla tak, aby nemohly být zakryty kola, tím se měla snížit maximální dosahovaná rychlost na rychlých tratích. Délka závodu byla stanovena od 300 km do 500 km, nebo minimálně na dobu 2 hodin. Snížením objemu motorů a používáním dílů ze sériových vozů se z formule 1 stala prosperující kategorie s velkým počtem závodníků a ekonomicky dostupných vozů. [4]

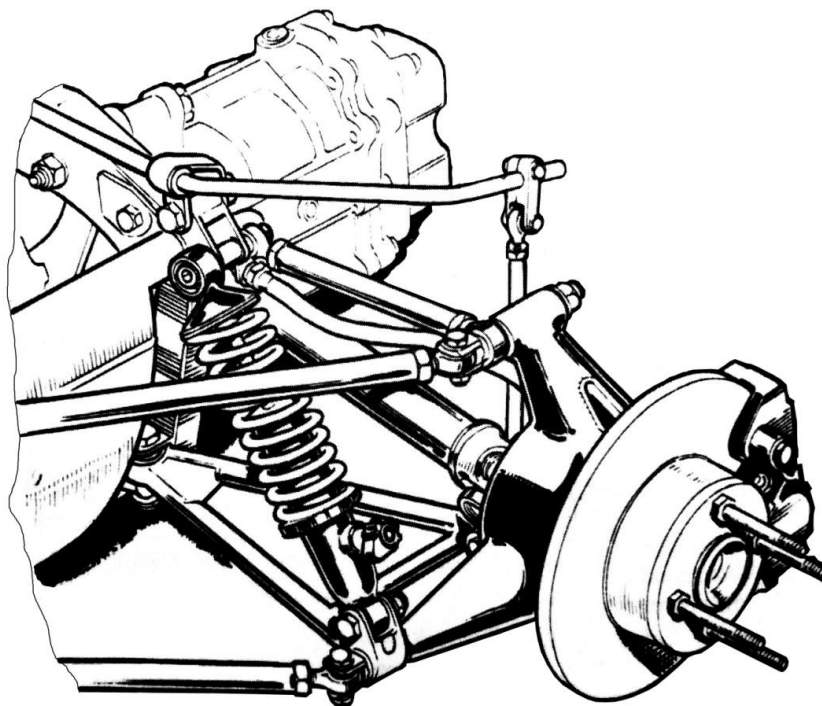
### 4.2 PODVOZEK

Od poloviny padesátých let dvacátého století se začaly objevovat vozy s motorem umístěným za jezdce, tato změna byla největší změnou v koncepci podvozků vozů formule 1 v celé její historii. Výhodou těchto vozů byla nízká hmotnost, vysoká rychlost a nízko položené těžiště. Společně s palivovou nádrží uloženou v těžišti vozu se tyto vozy stávaly lehce ovladatelné a velice hbité. Nový trend v uložení motoru umožnil konstruktérům postavit revoluční šasi, ve kterém jezdcí leželi oproti klasickým vozům, kde seděli. Většina týmů začínala stavbu svých šasi pomocí svařovaných ocelových trubek, které nesly úchyty závěsů kol, řízení a pohonnou jednotku. Tento rám byl koncepčně jednoduchý a dovoľoval rychlou opravu. Ferrari použilo k vyztužení rámu hliníkové panely, protože karoserie tvořená laminátovými díly nepřispívala k tuhosti rámu. Roku 1962 nahradil Lotus trubkový rám hliníkovou skořepinou leteckého typu, která byla kombinací ocelových a hliníkových prvků. Ta byla lehčí a tvořila jeden celek s otvorem pro pilota a pohonnou jednotku. Další typ rámu, který se objevoval, byl kombinací obou variant. Prostor pro pilota byl zhotoven ze skořepiny doplněný o trubkový rám nesoucí důležité prvky vozu. Samostatné svařované uzly rámu byly konstrukčně řešeny na přetížení 4 g, nejen z důvodu větší bezpečnosti jezdců, ale také z důvodu vlivu kroucení rámu na jízdní vlastnosti. [4]

Zavěšení kol doznalo oproti minulým letům zjednodušením, které dovoľovalo několik variant nastavení pro různé typy závodních okruhů. Nejpoužívanější byl lichoběžníkový závěs vpředu, jehož ramena se v následujících letech prodlužovala. To dovoľovalo další a velmi přesnou změnu geometrie kol. Tato změna dovoľila používat menší volant o průměru 300 až



320 mm. Tlumiče s koncentrickou vinutou pružinou se nově přemístily do středu vozu, kde byly kryty karoserií a to z důvodu lepší aerodynamiky vozu. Změny přinesl nový zadní závěs kol, skládající se z pěti nezávislých trubkových táhel s kulovými klouby. Zadní zavěšení kol bylo opatřeno tlumiči s vinutou pružinou. [4]



Obr. 4.1 Zadní pětiprvkový závěs kola vozu Cooper 82 F2/F3 [4]

Nové koncepce v použití nových materiálů, jiných závěsů kol sice přinesla lepší ovladatelnost vozů, ale problém s odpružením a tlumením při akceleraci a brzdění stále přetrvával. V pozdější době byly vozy vybaveny zkrutnými stabilizátory, nejprve na přední nápravě, později na obou. Jejich činnost spočívá ve zmenšení naklopení karoserie při průjezdu zatáčkou. [4]

Bubnové brzdy byly již historií a standartem byly kotoučové brzdy. Největším výrobcem té doby byl Girling. Problémy s chlazením brzd ale přetrvávalo, brzdy dosahovaly teplot přesahující 400 °C, tento problém způsoboval vznik parních bublin v brzdové kapalině. [4]

Použitím nových a lehkých materiálů se týmy snažily dostat co nejbližší k minimální váze vozu, nejlépe na tom byl Lotus, jehož vůz vážil pouhých 457 kg. Snaha o zmenšení hmotnosti nutil používat konstruktéry součinitele bezpečnosti 2 až 2,5. Některé díly dokonce jen 1,2. Tato snaha zvláště při odlehčení závěsů vedla k řadě tragických nehod a úmrtí jezdců. Jedním z prvních byl Harry Schell, který zemřel na následky zranění na okruhu v Silverstone poté, co mu upadlo kolo jeho Cooperu. [4]



### 4.3 POHONNÁ JEDNOTKA

Snaha konstruktérů o výkonnější motor znamenal ukončení éry řadových motorů. Po odchodu anglického výrobce motorů Coventry Climax Engines Ltd. a jejich agregátu FPF se řadové motory ve formuli 1 již nikdy neobjevily. Od řadových čtyřválcových a šestiválcových motorů postupoval vývoj přes vidlicové osmiválce až k vidlicovým dvanáctiválcům. Tyto víceválcové motory určily směr dalšího vývoje motorů, kdy byla snaha o co nejmenší zdvihový objem a co největší otáčky. [4]

Typickým motorem F1 byl vidlicový osmiválec s rozvodem DOHC, se dvěma řadami válců v úhlu 90°, s jednou svíčkou a dvěma ventily ve válci. Otáčky se pohybovaly mezi 9 000 a 10 000 min<sup>-1</sup>, ke konci desetiletí překonaly hranici 10 000 otáček. O vzrůst otáček se pozitivně podílelo zapalování. Stávající mechanické zapalování bylo schopné dát 400 jisker za vteřinu, magnet o 100 více. Nové tranzistorové zapalování dávalo 1 000 jisker za vteřinu. Nevýhodou bylo zvýšení spotřeby elektrické energie a chlazení tohoto zařízení, které dosahovalo teplot 80°C až 90°C. [4]

S motory vzadu se změnilo i uspořádání výfukového potrubí, ve většině případů se svody z obou stran sbíhaly v celek a přesahovaly ze zadní části vozu. [4]

### 4.4 AERODYNAMIKA

Vzhled vozů připomínal „doutníky“. Konstrukteři se nadále snažili postavit vůz s co nejmenším aerodynamickým odporem. Karoserie vozu byla v každém detailu zaoblena a většinou končila před motorem. Motor tedy nebyl zakrytý, jak tomu bylo v minulosti, a to z důvodu lepšího chlazení vzduchem během jízdy. [4]

Používáním motorů s menším objemem se měla zmenšit maximální dosahovaná rychlost, ale použitím lehčích materiálů se vozy stávaly rychlejšími. Nízko postavené malé vozy s malým odporem vzduchu se při rychlostech kolem 300 km/hod nadlehčovaly a ztrácely kontakt s vozovkou. Tento jev vedl k zavedení přitlačných křídel. [4]

### 4.5 PNEUMATIKY

Se snižováním hmotností jednotlivých vozů se začaly používat menší kola. Většina týmů volila nejčastěji 13palcová kola. Menší kola vedla k rychlejšímu opotřebení běhounu, ale neustálý vývoj v oblasti závodních diagonálních pneumatik s tuhou kostrou dovozoval na krátkých okruzích absolvovat závod bez výměny kol. Nejpoužívanější ráfky byly odlévané ze slitin hořčíku, které byly přišroubovány k nábojům kol několika šrouby. Výjimkou bylo do roku 1962 Ferrari, které používalo tradiční těžká kola s drátěným výpletem. [4]

Úzká spolupráce výrobců pneumatik s týmy přinesla nové možnosti a několik druhů pneumatik. Týmy si mohly vybrat pneumatiky, které byly nejvhodnější na daný okruh a aktuální počasí. Postupem času se začal zvětšovat rozdíl v šířce mezi přední a zadní pneumatikou. Nové směsi pneumatik umožňovaly odolávat vysokým teplotám a odstředivému zrychlení většímu než 500 g. Mezi dodavateli pneumatik byl Dunlop, Firestone a Goodyear. [4, 20]



## 4.6 BEZPEČNOST

Od tragické nehody v Le Mans roku 1955 se začalo pracovat na větší bezpečnosti jednotlivých okruhů. Pořád se sice jezdilo na uzavřených silnicích, ale podél tratě byly odstraněny nebezpečné překážky. Velice častým obrázkem tehdejší doby byly tratě s velkým výškovým převýšením, kde vozy na horizontech ztrácely kontakt s vozovkou. Tradiční, ale nebezpečný, okruh na Nürburgringu se začal zkracovat a později se na něm jezdily jen závody vozů formule 2. [2, 4, 21]

V rozmezí let 1963 až 1965 bylo zavedeno nespočet pravidel upravující jak bezpečnost jezdců samotných, tak i bezpečnost diváku okolo okruhu. Mezi hlavní patří rozhodnutí FIA, která přebrala zodpovědnost za bezpečnost na závodních okruzích. Poprvé od začátku mistrovství světa, ale i od počátku samotného závodění, byli jezdci nuceni povinně nosit nehořlavé oblečení a hledí zakrývající jejich obličej. [2, 4, 21]

Samotný kokpit vozu poznal několik úprav, mezi nejdůležitější patřila změna konstrukce tak, aby se mohl pilot po kolizi co nejrychleji dostat sám z vozidla. Rozšířena byla také bezpečnostní výbava, mezi nejvýznamnější patřilo zavedení ochranného oblouku za hlavou jezdce, který měl zvýšit bezpečnost při převrácení vozidla. Povinné byly bezpečnostní pásy, které musely být pevně přidělané ke konstrukci vozu. Jelikož se vozy stávaly rychlejšími, týmy byly nuceny používat dvouokruhové brzdy. Tyto brzdy patřily mezi to nejlepší, a jezdci byli s účinnými brzdami spokojeni, neboť mohli naplno využít potenciál vozu a brzdit až na poslední chvíli. Změny se také projevily v používání nových palivových nádrží a její ochraně proti proražení v důsledku nehody. V případě požáru byly vozy vybaveny hasicími přístroji. Dlouhých třináct let trvalo, než byly zavedeny signalizační vlajky, které umožňují jezdcům komunikaci s lidmi okolo okruhu, jak ji známe z dnešní doby. [2, 4, 21]

## 4.7 CHARAKTERISTIKY VÝZNAMNÝCH VOZŮ

Tab. 4 Charakteristiky vybraných vozů [vlastní tvorba, 4, 22, 23, 24]

Rok výroby	Výrobce, značka, typ	Počet a uspořádání válců [°]		Objem motoru [cm <sup>3</sup> ]	Ventilový rozvod	Vrtání [mm]	Zdvihový poměr	Výkon [kW]	Otáčky [1/min]	Střední pístová rychlost [m/s]
						Zdvih [mm]		[k]		
1961–1962	BRM	8V	90	1 498	DOHC	68,5	0,74	150	11 000	18,6
						50,8		205		
1962	Porsche	8B	180	1 494	DOHC	66	0,82	136	9 500	17,3
						54,6		185		
1963	Cooper T 66	8V	90	1 493	DOHC	68,4	0,076	147	9 800	16,6
						50,8		200		
1964	Ferrari 158	8V	90	1 487	DOHC	67	0,79	155	11 000	19,3
						52,8		210		
1965	Brabham	8V	90	1 496	DOHC	72,4	0,63	157	10 500	15,9
						45,4		213		
1965	Honda	12V	60	1 490	OHC	58	0,81	170	13 000	18,5
						47		230		
1965	Lotus 33	8V	90	1 496	DOHC	72,4	0,63	157	10 500	15,9
						45,4		213		



## 5 POČÁTEK PŘÍTLAČNÝCH KŘÍDEL 1966–1969

Roku 1968 se na voze Lotus jako první objevila červeno-zlato-bílá reklama tabákové firmy Imperial Tobacco, kterou později nahradila světoznámá černo-zlatá barva. Tento rok byl počátkem nástupu reklam, obzvláště z tabákového průmyslu. Za reklamu na svých vozech dostávaly týmy nemalé částky na vývoj vozů. Mistrovství světa bylo ovlivněno tabákovými reklamami až do roku 2003, kdy se z důvodu propagace zákazu kouření začala tabáková reklama stahovat. Mezi prvními byly týmy Williams a McLaren. [2]

### 5.1 TECHNICKÉ PŘEDPISY

Počátkem roku 1966 po dobu dlouhých dvaceti let ponechala FIA stejné předpisy týkající se objemů motorů. Atmosférické motory mohly mít maximální objem  $3\,000\text{ cm}^3$  a přeplňované motory  $1\,500\text{ cm}^3$ . Novinkou bylo povolení jiných druhů pohonných jednotek a to spalovací turbíny, nebo motory s krouživým pohybem pístu (Wankel). Byla rovněž stanovena pravidla pro různé druhy motorů tak, aby si výkonnostně odpovídaly. Doplňování oleje do motoru během závodu bylo počátkem nové sezóny zakázáno. Minimální hmotnost s olejem, ale bez paliva činila 500 kg. [4]

Velmi početné zastoupení malých vozů formule 3 se rok od roku těšilo větší popularitě nejen mezi jezdci, ale také mezi týmy a to hlavně z ekonomických důvodů. Jako pohonná jednotka se směl používat sériově vyráběný blok motoru cestovních vozů, maximálně o celkovém objemu  $1\,000\text{ cm}^3$ . Hmotnost vozu bez paliva činila minimálně 400 kg, minimální rozvor byl stanoven na 2 000 mm a minimální rozchod na 1 100 mm. Karoserie musela mít šířku nejméně 950 mm. Tyto velmi rychlé, malé ale přesto vyspělé vozy se od vozů formule 1 moc nelišily. [4]

Od roku 1969 se v pravidlech začaly objevovat minimální a maximální rozměry závodních vozů. [4]

### 5.2 PODVOZEK

V prvních letech třilitrové formule zůstala konstrukce vozů stejná. Větší důraz byl kladen na používání kompozitních materiálů, které byly lehčí a zároveň pevnější. Z motorů se stávala nosná část, na kterou se montovala převodovka se zadní nápravou a byla součástí celé konstrukce. Nejběžnějším materiálem pro výrobu krytů karosérie se stal laminát. [4]

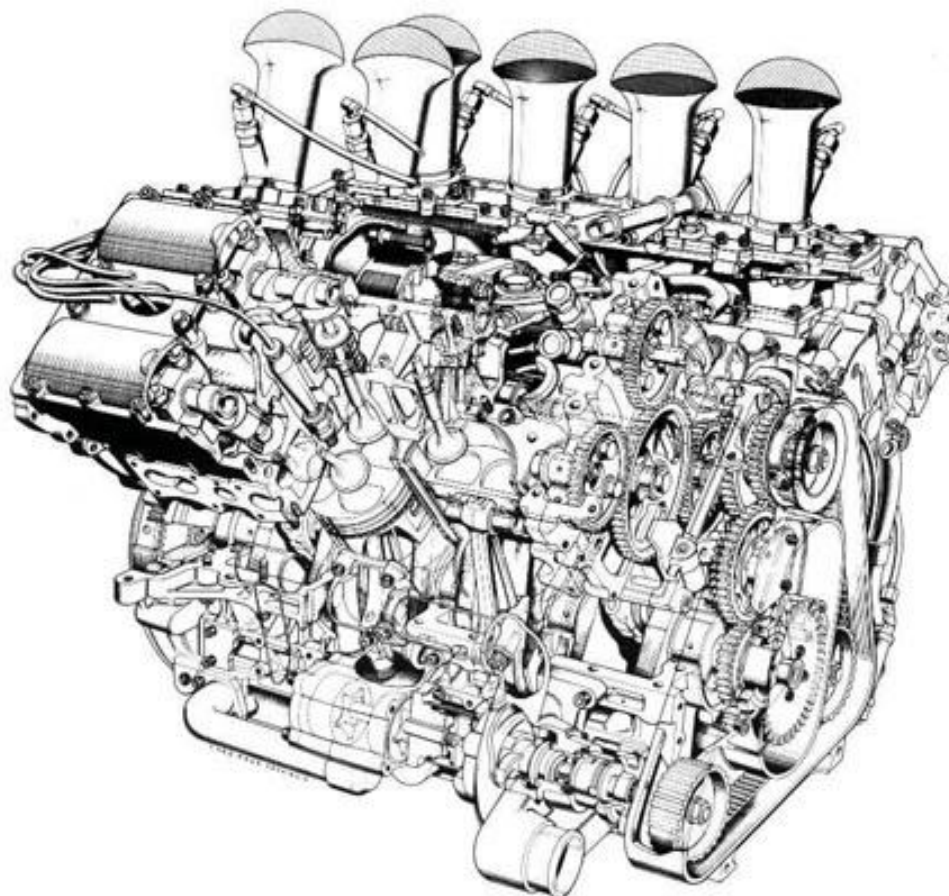
### 5.3 POHONNÁ JEDNOTKA

S platností nových pravidel byl zpočátku nedostatek nových motorů. Samotní výrobci se do konstruování nových motorů příliš nevrhali a tak jediný schopný motor, který byl spolehlivý a výkonný sestavil John Brabham. Základem se stal hliníkový vidlicový osmiválec se zdvihem 60,3 mm a s vrtáním 88,9 mm, který byl rozevřen do úhlu  $90^\circ$ . Původní rozvod OHV nahradil jednodušším rozvodem OHC s jednou vačkovou hřídelí pro každou řadu válců a dvěma ventily pro každý válec. Motor o objemu  $2\,994\text{ cm}^3$  dával výkon 220 kW (300 k) při otáčkách  $8\,000\text{ min}^{-1}$ . [4]





V červnu roku 1967 se na Velké ceně Holandska objevil třilitrový motor Ford Cosworth DFV (Double Four Valve) a tím začalo období nejúspěšnějšího motoru v celé historii formule 1, do které se zapsal jako legenda, jímž je dodnes. Nový motor byl výsledkem spolupráce Colina Chapmana s americkým Fordem. Připravila ho dvojice Mike Costin a Keith Duckworth, spojením jejich jmen vznikl název Cosworth. Vidlicový osmiválec s rozevřením v úhlu  $90^\circ$  dosahoval při prvních zkouškách na brzdu výkonu přes 300 kW, byl vybaven nepřímým vstřikováním paliva. Obsahoval kovanou ocelovou klikovou hřídel, hliníkové kované písty, blok a hlava byly odlity z hliníku. Jeho hmotnost byla 168 kg. Kliková hřídel byla uložena v pěti ložiscích a v hlavě motoru s rozvodem DOHC obsahoval čtyři ventily na válec. Se zdvihem 64,8 mm a vrtáním 85,6 mm činil celkový objem  $2\,993\text{ cm}^3$ . Jeho výkon byl 316 kW (430 k) při otáčkách  $9\,000\text{ min}^{-1}$ . Motor byl na svou dobu nejenom výkonný, ale také spolehlivý a vozy, které poháněl, dojezdy do cíle v 155 případech na prvním místě (byl nasazen ve 262 Velkých cenách). Pro rok 1967 byl nasazen pouze do vozů Lotus, o rok později byl dostupný pro všechny týmy. [4, 14, 28]

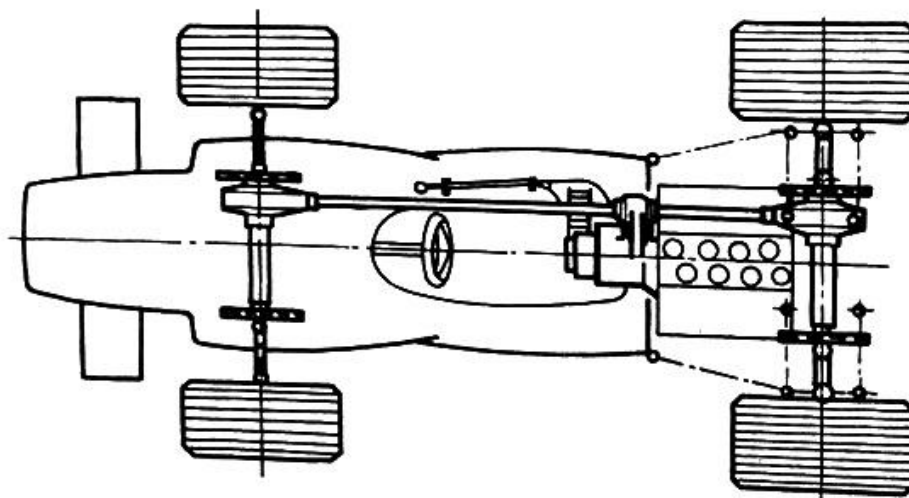


*Obr. 5.1 Řez vidlicovým osmiválcem Ford-Cosworth DFV (1968) [4]*

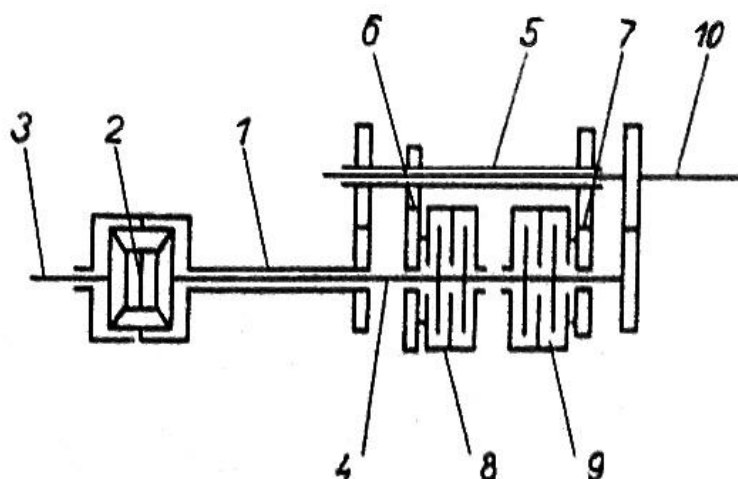


### 5.3.1 POHON VŠECH KOL

Myšlenka použít pohon všech kol se poprvé objevila na voze Bugatti typ 53 z roku 1932. Použití tohoto pohonu představuje lepší využití točivého momentu motoru, který je přenášen pomocí čtyř kol na vozovku. Při průjezdu zatáčkou opíší přední a zadní kola oblouky různých délek, proto je pro pohon všech kol nezbytný mezinápravový diferenciál, který rozděluje točivý moment na obě nápravy. O rozdělení točivého momentu na každé z náprav se stará diferenciál, který je na obou nápravách. Při prokluzu jedné z náprav bývá problém přenést přebytek točivého momentu na druhou nápravu. Zařízení, které tuto funkci obstarává je nejčastěji modifikace systému Ferguson, takzvaná rozdělovací převodovka, jímž byl vybaven vůz Matra MS 84 (Obr. 5.2). Princip činnosti: převodovka pohání mezinápravový diferenciál 2 a pomocí dutého hřídele 5 a ozubených soukolí 6 a 7 pohání vnější části spojek 8 a 9. Převodové poměry ozubených soukolí 6 a 7 jsou voleny tak, aby se jedna ze spojek točila rychleji než klec diferenciálu a druhá spojka pomaleji. Tyto převodové poměry mají za následek, že hřídele 3 a 4 mají rozdílnou rychlost otáčení. Rozmezí těchto otáček ať už je rychlost menší, nebo větší než klec diferenciálu, je dáno převodovými poměry ozubených kol. Pokud jedna z náprav prokluzuje, zvyšují se otáčky hřídele a tím se zablokuje jedna ze dvou spojek. Funkce diferenciálu se přeruší a většina točivého momentu je přenášena na druhou nápravu. Schéma rozdělovací převodovky Ferguson je na Obr. 5.3. Pro pohon vozu Matra MS 84 byla použita pětistupňová převodovka Hewland, která byla spojena s rozdělovací převodovkou Ferguson. Poměr přenášeného točivého momentu se mohl měnit od poměru 20 : 80 až po 25 : 75 pro zadní nápravu. Kvůli zástavbě převodovky a rozdělovací převodovky byl motor otočen o 180°. Nezvykle byly uloženy brzdy, které byly uloženy ve voze. Mezi dalšími, kdo zkoušel pohon všech kol, byl i Lotus a McLaren. Vozy s pohonem všech kol však nedosahovaly kvalit vozů s pohonem zadních kol, protože trpěly velkou poruchovostí složitěho systému, a proto se objevily jenom v sezóně 1969. [29]



Obr. 5.2 Schéma pohonu všech kol vozu Matra MS 84 [29]



Obr. 5.3 Rozdělovací převodovka Ferguson: 1 - hnáný hřídel převodovky spojený s klecí diferenciálu (převodovka a hnací kolo hřídele nekresleny); 2 - mezinápravový diferenciál s poměrem 1:1; 3 - hnací hřídel přední nápravy; 4 - hřídel spojující jednu stranu diferenciálu se spojkami; 5 - dutý hřídel pohonu vnějších částí spojek; 6, 7 - soukolí pohonu vnějších částí spojek; 8, 9 - spojky; 10 - hnací hřídel zadní nápravy [29]

### 5.3.2 TURBÍNOVÝ POHON

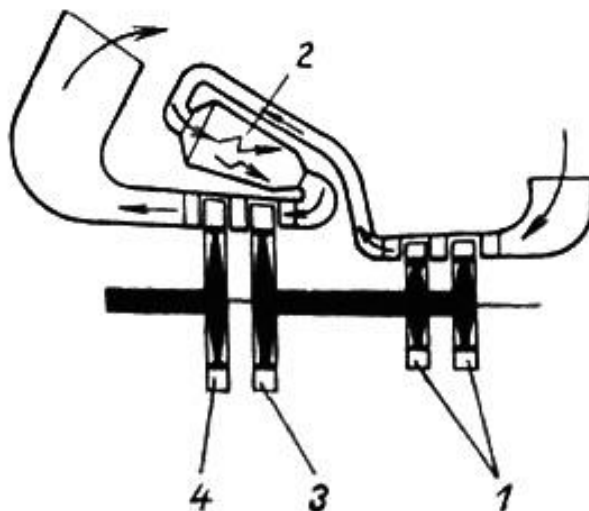
V roce 1968 se tým Lotus pustil do vývoje turbínového pohonu s pohonem všech kol. Vůz Lotus 56B (Obr. 5.5) poháněla turbína Pratt & Whitney STN 6/76, která byla odvozená od pohonu helikoptér. Princip její činnosti spočíval v nasávání vzduchu, který se pomocí dvoustupňového kompresoru stlačoval a pod tlakem vháněl do spalovací komory. Zde se vstříkovalo palivo a výsledná expanze plynů poháněla vysokotlakou turbínu, která byla uložena na stejné hřídeli jako kompresor. Spaliny poháněly druhou nízkotlakou turbínu, která byla zdrojem užitečného výkonu. Spaliny byly vypouštěny nad vůz, kde generovaly přítlak. Výkon turbíny byl 475 kW (646 k) při 45 000 otáčkách za minutu. Pro použití ve formuli 1 bylo nutné turbínu upravit podle předpisů FIA, byly tedy zmenšeny průtočné plochy vstupních průřezů. Vůz byl nasazen pouze do sezóny 1971. [23, 29]

Výhodou byl vysoký výkon při nízké hmotnosti a možnost vynechání převodovky z důvodu dobrého průběhu točivého momentu hlavně při nízkých otáčkách. Maximální výkon dosahovala turbína při nulových otáčkách, tedy když vůz stál na startu. Turbína také vytvářela obrovskou přítlačnou sílu. [29]

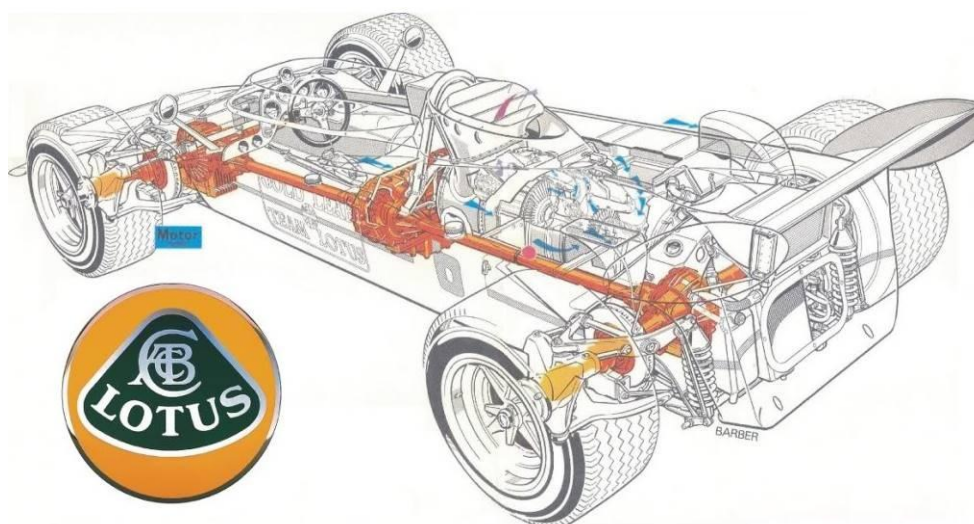
Nevýhodou byla zpožděná reakce při sešlápnutí plynového pedálu a to o 2 až 3 sekundy. Hlavní nevýhodou byl ale chybějící brzdný účinek motoru při nesešlápnutém plynovém pedálu, proto byl vůz vybaven sklopným štítem jako aerodynamickou brzdou. Další problémy nastaly s pneumatikami a s diferenciály složitého pohonu všech kol. Spotřeba byla oproti



spalovacím motorům vysoká, pohybovala se mezi 100 až 160 litry paliva na 100 km. To se projevilo na velikosti palivové nádrže, jejíž obsah činil 318 litrů. [29]



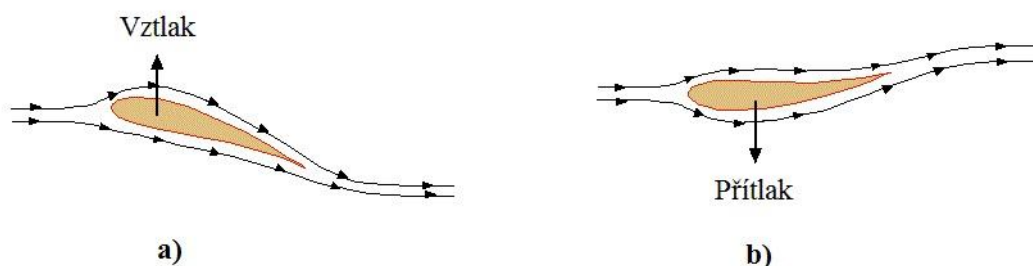
Obr. 5.4 Schéma dvouhřídelové turbíny Pratt & Whitney  
1 - kompresor, 2 - spalovací komora, 3 - vysokotlaká turbína k pohonu kompresoru, 4 - nízkotlaká (volná) trakční turbína [29]



Obr. 5.5 Schéma pohonu všech kol vozu Lotus 56B [30]

## 5.4 AERODYNAMIKA

Se zdvojnásobením objemu motorů museli konstruktéři čelit nové výzvě, a to přenos většího výkonu na vozovku. Řešení nacházeli v letecké dopravě, kdy začali experimentovat s přítláčnými křídly. Ty fungují na stejném principu jako křídla letadel, akorát obráceně. Pod přítláčným křídlem je proudění vzduchu rychlejší, protože vzduch musí urazit větší vzdálenost a tím se vytváří podtlak. Na horní části, která je co do vzdálenosti menší je proudění pomalejší a vytváří se přetlak. Tento jev je znám jako Bernoulliho princip (Obr. 5.6). Tyto dva tlaky se svým působením snaží vyrovnat a křídlo má tendenci pohybu ve směru podtlaku. Tím se vytvářejí přítlak, neboli přidavné zatížení způsobené obtékajícím vzduchem, které pomáhá přitlačovat vůz k vozovce. Toto řešení přispívá k rychlejším průjezdům zatáček, negativně ale působí na maximální rychlost, neboť zvyšuje aerodynamický odpor monopostu. První přítláčná křídla se objevily na vozech Lotus, které velmi rychle okopírovaly ostatní týmy. Upevnění velkých křidel vysoko nad vozem bylo problematické, a při vysokých rychlostech nebezpečně kmitaly jejich tenké podpěry. V květnu roku 1969 došlo na okruhu Montjuïc při Velké ceně Španělska k havárii obou Lotusů 49B (Obr. P7) Clacka a Hilla právě používáním vysokých přítláčných křidel. Ještě téhož roku v Monte Carlu při Velké ceně Monaka byla vysoká přítláčná křídla zakázána. Později byla podle předpisů FIA upevněna pevně ke karoserii vozu. Podle pravidel maximálně 800 mm nad vozovku, 750 mm za středem vozu. Maximálně šířka byla 1 100 mm. V roce 1970 se stala součástí každého vozu. [4, 31, 32]



Obr. 5.6 Profil a) křídla letadla, b) přítláčného křídla [28]

## 5.5 PNEUMATIKY

Rozdíly v šířce mezi předními a zadními pneumatikami byl stále větší. Na scénu se objevily měkké pneumatiky, které měly velmi dobrou přilnavost, ale rychle se opotřebovaly. Týmy je začaly používat hlavně na kvalifikaci k zajištění co nejlepšího umístění na startovním roštu. Mezi dodavateli pneumatik byl Dunlop, Goodyear a Firestone. [2, 4]

## 5.6 BEZPEČNOST

Tradiční tratě, které z velké části tvořily veřejné komunikace, začaly nahrazovat nově vybudované závodní okruhy, které byly na vysoké úrovni bezpečnosti. Na stávajících okruzích byly instalovány svodidla. [4, 21]



## 5.7 CHARAKTERISTIKY VÝZNAMNÝCH VOZŮ

Tab. 5 Charakteristiky vybraných vozů [vlastní tvorba, 4, 22, 23, 24]

Rok výroby	Výrobce, značka, typ	Počet a uspořádání válců [°]		Objem motoru [cm³]	Ventilový rozvod	Vrtání [mm]	Zdvihový poměr	Výkon [kW]	Otáčky [1/min]	Střední pístová rychlost [m/s]
						Zdvih [mm]		[k]		
1966	Brabham Repco	8V	90	2 994	OHC	88,9 60,3	0,68	220 300	8 000	16
1966	BRM	16H	180	2 998	OHC	69,8 49,8	0,71	294 400	11 000	18,2
1966	Ferrari	12V	60	2 985	OHC	77 53,5	0,69	320 436	11 000	19,6
1968	Cooper-BRM T86B	12V	60	2 998	DOHC	74,6 57,2	0,77	287 390	9 500	18,1
1968	Honda RA 301	12V	90	2 993	OHC	78 52,2	0,7	316 430	9 800	17
1968	Lotus 49	8V	90	2 993	DOHC	85,6 64,8	0,75	316 430	9 000	19,4
1968	Matra	12V	60	2 985	OHC	79,7 50	0,62	308 420	9 000	15
1969	McLaren M 9A	8V	90	2 993	DOHC	85,6 64,8	0,75	316 430	9 000	19,4



## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zpracování rešerše na téma vývoj vozů formule 1 v období od roku 1950 do roku 1970. Práce je rozdělena do několika kapitol a podkapitol podle technických předpisů platných pro dané časové období. Má za cíl seznámit čtenáře s vývojem techniky formule 1. Každá kapitola se zabývá vývojem vozů formule 1 z hlediska podvozku, pohonné jednotky, aerodynamiky a pneumatik. Také je brán potaz na bezpečnost jak jezdců, tak okruhů samotných, jenž se v průběhu formule 1 neustále zlepšovala. Jednotlivé kapitoly jsou doplněny o charakteristiky vozů daného období. V první kapitole jsou vysvětleny jednotlivé důležité konstrukční prvky vozů formule 1. Větší pozornost je věnována pohonné jednotce, protože v samotném počátku Mistrovství světa vozů formule 1 to byl právě motor, který byl nejdůležitější součástí každého vozu. V dalších kapitolách jsou rozepsány a vysvětleny konstrukční prvky, které se v daném období objevily, a určovaly směr dalšího vývoje jak z hlediska pozitivního, tak i negativního. V poslední části je výčet Mistrů světa formule 1 a Pohár konstruktérů doplněný o přílohy.

Formule 1 byla, je a bude tím nejlepším, co může motoristický sport nabídnout. V tomto oboru pracují špičkoví konstruktéři z celého světa a každý rok se snaží postavit vůz, který bude nejlepší a na konci sezóny získá Pohár konstruktérů. S tímto nejenom rychlým, ale i spolehlivým vozem soupeří jezdci o titul Mistra světa formule 1. Tyto tituly jsou všeobecně uznávané a pomáhají získat nové sponzory, kteří poskytují nemalé částky na vývoj nového vozu, se kterým tým obhájí prvenství. V průběhu let se FIA snaží vydávat technické regule, které mají tento sport přiblížit více technice sériových vozů tak, aby do formule 1 vstupovaly velké automobily. Ty pak uplatňují vývoj vozů formule 1 na sériových automobilech. K motorsportu neodmyslitelně patří nehody, a proto bezpečnost prodělala od počátku mistrovství světa značný vývoj, kdy si FIA v důsledku smrtelných nehod začala uvědomovat právě její důležitost.

Mezi dobrá rozhodnutí patří i špatná. Z historie formule 1 je známo, že když jeden tým přišel s legální úpravou vozu, která ho činila neporazitelným, FIA tento legální prvek zakázala a upravila předpisy tak, aby týmy již tento prvek nemohly použít. Mezi nejznámější řešení, které bylo zakázáno, patří aktivní pérování týmu Williams. Tento systém udržoval konstantní světlou výšku vozidla za jakýchkoliv podmínek, a mohl být využit v sériových automobilech. Dříve než k tomu ale mohlo dojít, FIA toto řešení zakázala. Jako další řešení, které byly pro následující sezóny zakázány, patří např. dvojitý difuzor týmu Brawn GP v sezóně 2009 a F-duct týmu McLaren v sezóně 2010. Pro letošní sezónu 2012 je zakázáno používání foukaných difuzorů, které má omezit dominanci týmu Red Bull v posledních dvou letech. FIA nechce stahovat formuli 1 z místa na čele technického vývoje, ale je nesmírně obtížné najít rovnováhu mezi tím, co je dovoleno a co ne. Všeobecně není známo, kdo vytváří pravidla formule 1, ale dobrou zprávou je, že konstruktéři formule 1 najdou vždy skulinku v pravidlech a přijdou s řešením, která jim dává určitý náskok před ostatními týmy, a tím zvedají atraktivitu závodů formule 1.

Formule 1 změnila život mnoha lidem po celém světě, a to hlavně v používání nových materiálů z oblasti kompozitů a karbonových vláken, moderní elektroniky, lehkých slitin a mnoha dalších obzvláště v oblasti osobních automobilů. Je to sport a jako každý jiný sport má za cíl bavit diváky, a to se jí daří již po mnoho let.



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *Formula One, Principle Of Multimedia* [online]. Mzpmmm.wordpress.com. 8.5.2011, last modified on 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://mzpmmm.wordpress.com/2011/05/08/formula-one/>>.
- [2] History of Formula one. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified on 9. 1. 2012 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_Formula\\_One/](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Formula_One/)>.
- [3] *Fédération Internationale de l'Automobile* [online]. ©2011, last modified on 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://fia.com/en-GB/Pages/HomePage.aspx>>.
- [4] PAUER, V. *Vývoj konstrukce závodních vozů: vše podstatné z historie techniky formulových vozů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. 356 s. ISBN 978-80-247-3015-8
- [5] List of international auto racing colours. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified on 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_international\\_auto\\_racing\\_colors](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_international_auto_racing_colors)>.
- [6] *Odpružení* [online]. Mechmes.websnadno.cz. Poslední revize 21. 4. 2010 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <[http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-04.0\\_odpruzeni.pdf](http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-04.0_odpruzeni.pdf)>.
- [7] Spalovací motor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified on 20. 1. 2012 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Spalovac%C3%AD\\_motor](http://cs.wikipedia.org/wiki/Spalovac%C3%AD_motor)>.
- [8] *Mobilní energetické prostředky* [online]. Poslední revize 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=mobiln%C3%AD%20energetick%C3%A9%20prost%C5%99edky&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fweb2.mendelu.cz%2Fautozkusebna%2Fdocs%2Fmep%2Fcv1.ppt&ei=q7QeT8rHGMKG4gS6sYizDw&usg=AFQjCNHBpU5r41bMvj8gbMYWp2-9DBeXew&cad=rja>>.
- [9] Lakshmi, Anand K. *Straight engine* [online]. Ustudy.in. ©2008, last modified on 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.ustudy.in/node/3705>>
- [10] *Automotive Dictionary - 'FL'* [online]. Motorera.com ©1998-2012, last modified on 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.motorera.com/dictionary/fl.htm>>
- [11] *v8\_engine* [online]. Muhendislik.gen.tr. Last modified on 24. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <[http://muhendislik.gen.tr/motorlar-hakkinda-genel-bilgi.html/v8\\_engine](http://muhendislik.gen.tr/motorlar-hakkinda-genel-bilgi.html/v8_engine)>



- [12] *Popis činnosti čtyřdobého zážehového motoru*. [online]. Smartweb.umimto.com. 19.7.2007, poslední revize 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <[http://www.smartweb.umimto.com/modules.php?name=Content&pa=showpage&p\\_id=2](http://www.smartweb.umimto.com/modules.php?name=Content&pa=showpage&p_id=2)>.
- [13] *Čtyřdobý zážehový motor* [online]. Dragon.web2001.cz. Poslední revize 5. 12. 2010 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <[http://dragon.web2001.cz/fyzika/tepelnestroje/ctyrdoby\\_zazehovy\\_01.htm](http://dragon.web2001.cz/fyzika/tepelnestroje/ctyrdoby_zazehovy_01.htm)>.
- [14] MACKERLE, J. *Motory závodních automobilů*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980. 196 s. L13-B3-IV-31122645
- [15] Střední pístová rychlost. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified on 6. 8. 2011 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99edn%C3%AD\\_p%C3%ADstov%C3%A1\\_rychlost](http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99edn%C3%AD_p%C3%ADstov%C3%A1_rychlost)>.
- [16] ROLLINGER, M. *Klika a spol.* [online]. Gsxr.wz.cz. Poslední revize 4. 12. 2010 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.gsxr.wz.cz/klika3.htm>>.
- [17] Rauscher, J. *Ročníkový projekt*. 1.vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1996. 188 s. ISBN 80-214-0780-8
- [18] *Ventilové rozvody-základní rozdělení* [online]. Autoznanosti.cz. ©2012, poslední revize 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.autoznanosti.cz/index.php/motor/36-ventilove-rozvody-zakladni-rozdeleni.html>>.
- [19] Constructors F1. *Převody: Spojka* [online]. Constructorsf1.com. 11. 2. 2008 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.constructorsf1.com/modules.php?name=News&file=article&sid=1098>>.
- [20] List of Formula One World Drivers' Champions. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified on 29. 1. 2012 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Formula\\_One\\_World\\_Drivers%27\\_Champions](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Formula_One_World_Drivers%27_Champions)>.
- [21] Formula One World Championship Ltd. *Formula 1™ - The Official F1™ Website* [online]. Formula1.com. ©2012 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <[http://www.formula1.com/inside\\_f1/safety/history\\_of\\_f1\\_safety/7423.html](http://www.formula1.com/inside_f1/safety/history_of_f1_safety/7423.html)>.
- [22] NOVIKOV, A. *All formula one info* [online]. ©1999-2012 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.allf1.info/>>.
- [23] GALPIN, D. *The GEL Motorsport Informatino Page* [online]. Silhouet.com. Last modified on 21. 3. 2011 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.silhouet.com/motorsport/>>.





- [24] *F1 2011 - Images, Specifications and Information* [online]. Ultimatecarpage.com. ©1998-2012, last modified on 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.ultimatecarpage.com/f1/&fyear=2011>>.
- [25] LONGHURST, C. *Car Bibles : The Car Suspension Bible page 2 of 5* [online]. Carbibles.com. Last modified on 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <[http://www.carbibles.com/suspension\\_bible\\_pg2.html](http://www.carbibles.com/suspension_bible_pg2.html)>.
- [26] SAIDL, J. *Náprava de Dion* [online]. Autolexicon.cz. ©2011, poslední revize 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/naprava-de-dion/>>.
- [27] HLAWICZKA, P. *Chlazení a teploty uvnitř monopostů F1(+ foto)* [online]. F1news.autoroad.cz. ©2008-2012, poslední revize 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <<http://f1news.autoroad.cz/technika/39888-chlazení-a-teploty-uvnitř-monopostu-f1-foto/>>.
- [28] GARDINER, L. *The Cosworth Ford DFV V8* [online]. Historicengines.com. ©2008, 2009, last modified on 12. 1. 2011 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.historicengines.com/dfv/specs.html>>.
- [29] HANZELKA, B. *Vozy Velkých cen*. 2. dopl. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1974. 258 s. L13-B2-II/22510
- [30] *Lotus 56B* [online]. Last modified on 30. 1. 2012 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z WWW: <[http://2.bp.blogspot.com/-7UuioixmdGs/TbcMS1Wp35I/AAAAAAAAAOI/VCweHoa\\_Q6o/s1600/lotus56b.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-7UuioixmdGs/TbcMS1Wp35I/AAAAAAAAAOI/VCweHoa_Q6o/s1600/lotus56b.jpg)>.
- [31] *Downforce* [online]. F1-dictionary.110mb.com. Last modified on 2. 7. 2011 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <<http://f1-dictionary.110mb.com/downforce.html>>.
- [32] *Downforce* [online]. Rapid-racer.com. Last modified on 19. 1. 2012 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.rapid-racer.com/aerodynamics.php>>.
- [33] List of Formula One World Constructors' Champions. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified on 22. 1. 2012 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Formula\\_One\\_World\\_Constructors%27\\_Champions](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Formula_One_World_Constructors%27_Champions)>.
- [34] Seznam států světa. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified on 28. 1. 2012 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam\\_st%C3%A1t%C5%AF\\_sv%C4%9Bta](http://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_st%C3%A1t%C5%AF_sv%C4%9Bta)>.
- [35] *2000 Ferrari F1 engine at Fiorano* [online]. Billzilla.org. Last modified on 16. 8. 2009 [cit. 2012-01-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.billzilla.org/f1power.gif>>.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AIACR		Association Internationale des Automobile Clubs Reconnus
$c_s$	[m/s]	střední pístová rychlost
d	[m]	vrtání válce
D		desmodromický rozvod
DFV		Double Four Valve
DOHC		Double Over Head Camshaft
F1		Formule 1
F2		Formule 2
F3		Formule 3
FIA		Fédération Internationale de l'Automobile (cz: Mezinárodní automobilová federace)
l	[m]	zdvih
n	[min <sup>-1</sup> ]	počet otáček
OHC		Over Head Camshaft
OHV		Over Head Valves
p	[MPa]	absolutní tlak
SV		Side Valves
$\xi$	[-]	zdvihový poměr





## SEZNAM PŘÍLOH

Mistrovství světa jezdců formule 1 v letech 1950–1969 .....	I
Mistrovství světa konstruktérů v letech 1958–1969 .....	II
Legenda k vlajkám označující národnost .....	III
Ferrari 500 F2 (1952).....	III
Mercedes W196 (1954).....	IV
Alfa Romeo 159 (1951) .....	IV
Lotus 49B (1968).....	V
Srovnání průběhu výkonu a točivého momentu .....	V
Tvary karosérií a rámy vybraných vozů (1962) .....	VI
Řez vozem BRM F1s kotoučovými brzdami Girling a se vzduchovým odpružením Lockheed (1952–1953).....	VII















Tab. P1 Mistrovství světa jezdců formule 1 v letech 1950–1969 [vlastní tvorba, 20]

Rok	Jezdec, národnost	Tým, národnost	Motor	Pneumatiky	Pole position	Vítězství	Pódium	Nejrychlejší kola	Body
1950	Giuseppe Farina 	Alfa Romeo 	Alfa Romeo	Pirelli	2	3	3	3	30
1951	Juan Manuel Fangio 	Alfa Romeo 	Alfa Romeo	Pirelli	4	3	5	6	31
1952	Alberto Ascari 	Ferrari 	Ferrari	Firestone Pirelli	5	6	6	6	36
1953	Alberto Ascari 	Ferrari 	Ferrari	Pirelli	6	5	5	4	34,5
1954	Juan Manuel Fangio 	Maserati Mercedes 	Maserati Mercedes	Pirelli Continental	5	6	7	3	42
1955	Juan Manuel Fangio 	Mercedes 	Mercedes	Continental	3	4	5	3	40
1956	Juan Manuel Fangio 	Ferrari 	Ferrari	Englebert	6	3	5	4	30
1957	Juan Manuel Fangio 	Maserati 	Maserati	Pirelli	4	4	6	2	40
1958	Mike Hawthorn 	Ferrari 	Ferrari	Englebert	4	1	7	5	42
1959	Jack Brabham 	Cooper 	Climax	Dunlop	1	2	5	1	31
1960	Jack Brabham 	Cooper 	Climax	Dunlop	3	5	5	3	43
1961	Phil Hill 	Ferrari 	Ferrari	Dunlop	5	2	6	2	34
1962	Graham Hill 	BRM 	BRM	Dunlop	1	4	6	3	42
1963	Jim Clark 	Lotus 	Climax	Dunlop	7	7	9	6	54
1964	John Surtees 	Ferrari 	Ferrari	Dunlop	2	2	6	2	40
1965	Jim Clark 	Lotus 	Climax	Dunlop	6	6	6	6	54
1966	Jack Brabham 	Brabham 	Repco	Goodyear	3	4	5	1	42
1967	Denny Hulme 	Brabham 	Repco	Goodyear	0	2	8	2	51
1968	Graham Hill 	Lotus 	Ford	Firestone	2	3	6	0	48
1969	Jackie Stewart 	Matra 	Ford	Dunlop	2	6	7	5	63



Tab. P2 Mistrovství světa konstruktérů v letech 1958–1969 [vlastní tvorba, 33]

Rok	Tým, národnost	Motor	Pneumatiky	Piloti	Pole position	Vítězství	Pódium	Nejrychlejší kola	Body
1958	Vanwall 	Vanwall	Dunlop	Stirling Moss Tony Brooks	5	6	9	3	48
1959	Cooper 	Climax	Dunlop	Jack Brabham Stirling Moss Bruce McLaren	5	5	13	5	40
1960	Cooper 	Climax	Dunlop	Jack Brabham Bruce McLaren	4	6	14	5	48
1961	Ferrari 	Ferrari	Dunlop	Phil Hill Wolfgang von Trips	6	5	14	5	45
1962	BRM 	BRM	Dunlop	Graham Hill	1	4	8	3	42
1963	Lotus 	Climax	Dunlop	Jim Clark	7	7	9	6	54
1964	Ferrari 	Ferrari	Dunlop	John Surtees Lorenzo Bandini	2	3	10	2	45
1965	Lotus 	Climax	Dunlop	Jim Clark	6	6	7	6	54
1966	Brabham 	Repcó	Goodyear	Jack Brabham	3	4	9	2	42
1967	Brabham 	Repcó	Goodyear	Denny Hulme Jack Brabham	2	4	14	2	63
1968	Lotus 	Ford	Firestone	Graham Hill Jo Siffert Jim Clark Jackie Oliver	5	5	9	5	62
1969	Matra 	Ford	Dunlop	Jackie Stewart Jean-Pierre Beltoise	2	6	10	6	66



*Tab. P3 Legenda k vlajkám označující národnost  
[vlastní tvorba, 34]*

Vlajka	Národnost
	Argentina
	Austrálie
	Francie
	Itálie
	Německo
	Spojené Státy Americké
	Velká Británie



*Obr. P4 Ferrari 500 F2 (1952) [23]*



*Obr. P5 Mercedes W196 (1954) [23]*

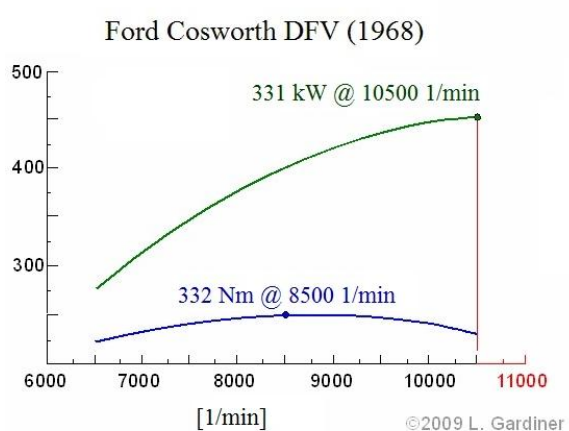


*Obr. P6 Alfa Romeo 159 (1951) [23]*

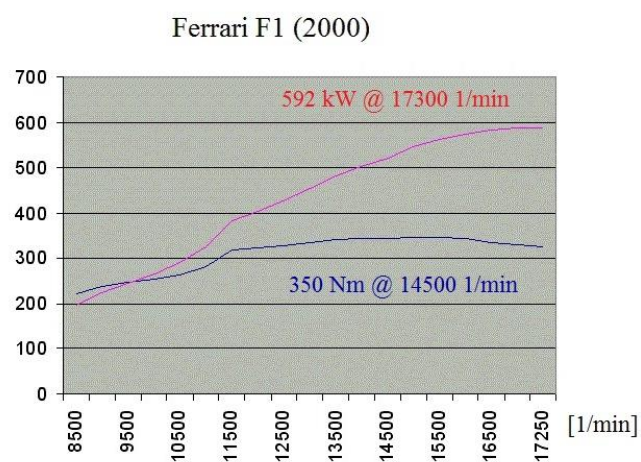




Obr. P7 Lotus 49B (1968) [23]

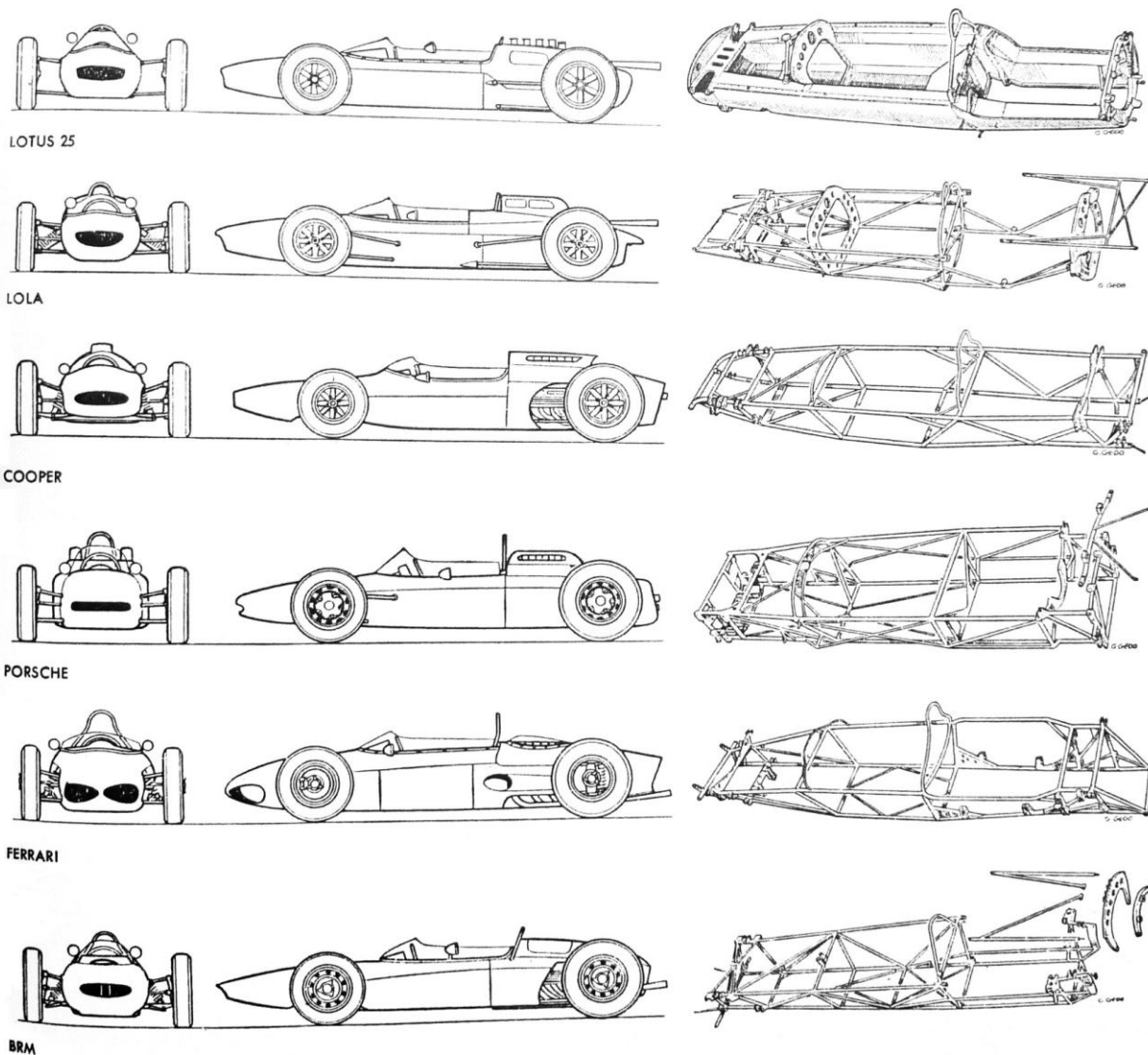


— Točivý moment [Nm]  
— Výkon [k]

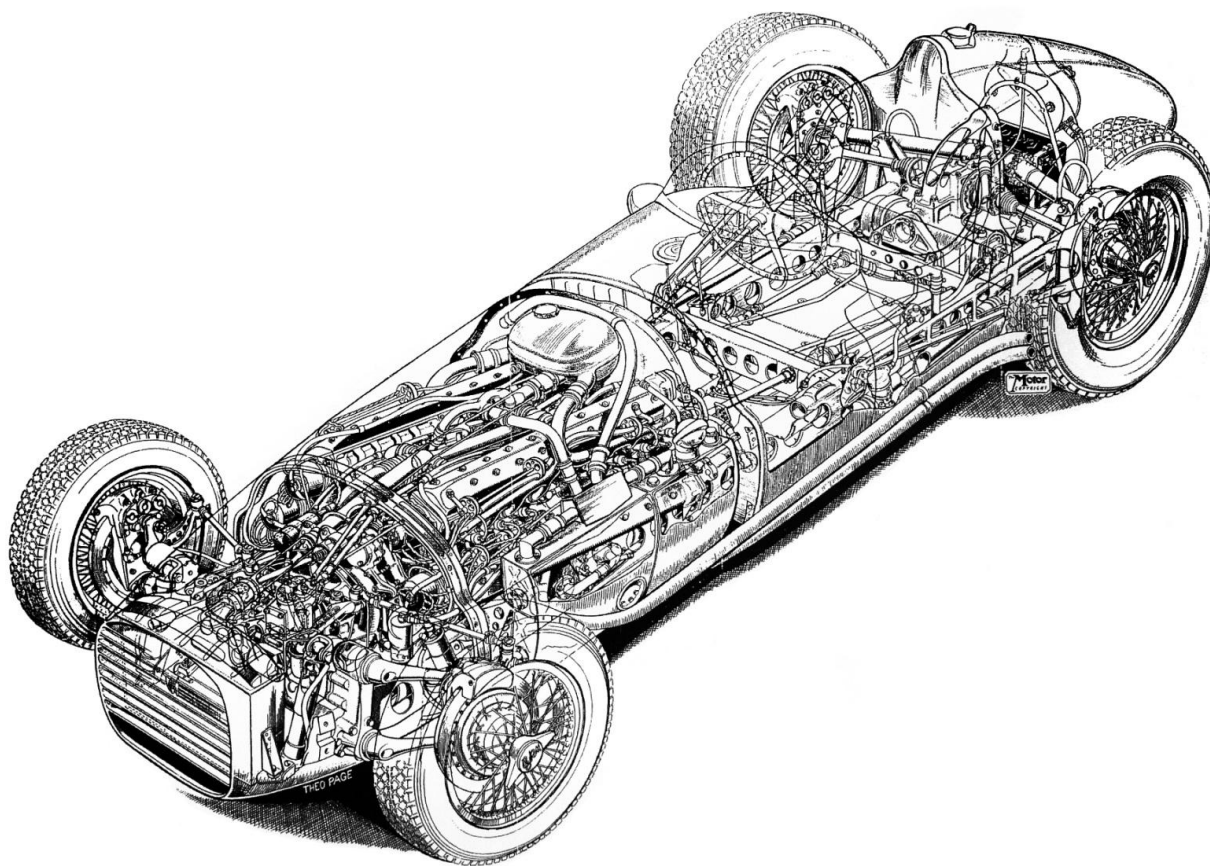


— Točivý moment [Nm]  
— Výkon [kW]

Obr. P8 Srovnání průběhu výkonu a točivého momentu [27, 35]



Obr. P9 Tvary karosérií a rámy vybraných vozů (1962) [4]



*Obr. P10 Řez vozem BRM F1 s kotoučovými brzdami Girling se vzduchovým odpružením Lockheed (1952–1953) [4]*